



TUGAS DESAIN PABRIK KIMIA – TK184803

**PRA DESAIN PABRIK BIODIESEL DARI BIJI
NYAMPLUNG (*Calophyllum inophyllum*) DENGAN
PROSES PEMURNIAN *BATCHWISE SOLVENT
EXTRACTION***

Oleh :

**Danissa Hanum Ardhyni
NRP. 02211646000013**

**Putri Sheryl Sholehah
NRP. 02211646000017**

**Dosen Pembimbing
Setiyo Gunawan, S.T., Ph.D
NIP. 1976 03 23 2002 12 1001
Hakun Wirawasista Aparamarta, ST., M.MT., Ph.D
NIP. 1978 09 222008 12 1001**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



PLANT DESIGN PROJECT –TK184803

**PRELIMINARY PLANT DESIGN OF BIODIESEL FROM
NYAMPLUNG SEEDS (*Calophyllum inophyllum*) WITH
PURIFICATION PROCESS OF BATCHWISE SOLVENT
EXTRACTION**

By :

Danissa Hanum Ardhyni

NRP. 02211646000013

Putri Sheryl Sholehah

NRP. 02211646000017

Advisor

Setiyo Gunawan, S.T., Ph.D

NIP. 1976 03 23 2002 12 1001

Hakun Wirawasista Aparamarta, ST., M.MT., Ph.D

NIP. 1978 09 222008 12 1001

**DEPARTMENT OF CHEMICAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

"PRA DESAIN PABRIK BIODIESEL DARI BIJI NYAMPLUNG (*CALOPHYLLUM INOPHYLLUM*) DENGAN PROSES PEMURNIAN BATCHWISE SOLVENT EXTRACTION"

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik
Kimia Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Danissa Hanum Ardhyni
Putri Sheryl Sholehah

NRP. 02211646000013
NRP. 02211646000017

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Setiyo Gunawan, S.T., Ph.D
(Pembimbing I)
2. Hakun Wirawasista A., S.T., MMT., Ph.D
(Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Arief Widjaja, M.Eng
(Penguji I)
4. Ir.Nunie Handrianie, M.T.
(Penguji II)

.....

.....

.....



Surabaya,
Januari 2019

RINGKASAN

Beberapa tahun terakhir ini, persoalan energi telah menjadi persoalan yang krusial di Indonesia dan di dunia yang memberikan tekanan kepada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi yang dapat diperbaharui (*renewable resources*). Sumber energi terbarukan tersebut diantaranya adalah bahan bakar alternatif berupa biodiesel. Menurut GAPKI, setiap tahun produksi biodiesel Indonesia memiliki trend pertumbuhan yang positif. Pada tahun 2017, produksi biodiesel Indonesia meningkat pesat menjadi 2.6 juta kilo liter. Seiring dengan meningkatnya konsumsi domestik, dari 23 ribu kilo liter pada tahun 2008, menjadi 2,4 juta kilo liter pada tahun 2017 yang berdampak pada kinerja ekspor biodiesel Indonesia yang menurun. Sehingga, perlunya didirikan pabrik biodiesel di Indonesia.

Salah satu bahan baku yang dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel antara lain adalah Nyamplung. Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) merupakan spesies tanaman *mangrove* dari famili *Calophyllaceae*. Tanaman nyamplung tersebar diberbagai daerah di Indonesia mulai dari Sumatra hingga Papua yang luasnya mencapai 255,35 ribu ha (Balitbang Kehutanan, 2008). Beberapa keunggulan biodiesel yang dihasilkan dari nyamplung adalah rendemen minyak nyamplung tergolong tinggi yaitu 40-73% (Singh dkk, 2010).

Beberapa keuntungan menggunakan Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) sebagai biodiesel adalah sebagai berikut:

1. *Calophyllum inophyllum* memiliki potensi kelangsungan hidup yang tinggi di alam, masih produktif hingga 50 tahun.
2. Tidak bersaing dengan tanaman pangan.
3. Pohon-pohon yang dapat digunakan sebagai pemecah angin (*wind breaker*) di tepi pantai di mana ia bisa mengurangi

abrasi, melindungi tanaman dan memberikan ekowisata dan konservasi di kawasan pesisir.

Terdapat tiga tahapan utama dalam pembuatan pabrik biodiesel dari Biji Nyamplung (CCIO) yaitu Persiapan bahan baku *pre-treatment*, proses pemurnian dan proses pembuatan Biodiesel. Pada pabrik ini proses pemurnian menggunakan metode *Batchwise Solvent Extraction*. Proses ini tidak memerlukan tahap *degumming*, netralisasi, *bleaching*, dan *dewaxing*, namun menggunakan campuran pelarut (*solvent*) polar dan non-polar. Pemilihan kedua jenis *solvent* tersebut berdasarkan dari sifat polar dan non-polar yang dimiliki oleh senyawa-senyawa yang terkandung dalam *crude Calophyllum inophyllum oil*. *Solvent* non-polar akan melarutkan senyawa non-polar, seperti Trigliserida (TAG), sehingga dihasilkan *non-polar lipids fraction* (NPLF), sedangkan *solvent* polar akan melarutkan senyawa polar (FFA) sehingga dihasilkan *polar lipids fraction* (PLF). Pada proses *Batchwise Solvent Extraction* dilakukan secara *Multi stage*.

Proses pemurnian *batchwise extraction* dilakukan 8 tahap (8 *stages*). Pada stage pertama, *crude Calophyllum inophyllum oil* akan dipisahkan menjadi fraksi polar dan non-polar. Perbandingan *solvent* polar dan non-polar yang digunakan adalah 1:3 (Metanol : Petroleum eter) dan rasio *crude Calophyllum inophyllum oil* dengan *solvent* adalah 5:1. Di dalam tangki ekstraksi, *crude Calophyllum inophyllum oil* akan dicampur dengan *solvent* metanol dan petroleum eter dan diaduk pada suhu dan tekanan ruangan. Setelah pengadukan selesai, campuran minyak dengan *solvent* akan dialirkan menuju *decanter* untuk dipemisahan menjadi dua fraksi. Fraksi non-polar(NPLF) terdapat pada lapisan atas sedangkan fraksi polar(PLF) terdapat pada lapisan bawah. Setelah pemisahan, ekstrak non-polar (NPLF) akan dilanjutkan ke stage kedua, dimana *solvent* yang digunakan hanya metanol dengan perbandingan Minyak:Metanol (1:5), proses ini diulang hingga stage kedelapan. Dari proses pemurnian, kadar TAG meningkat dari 78,3% menjadi 98,53%,

sedangkan kadar FFA turun dari 8,5% menjadi 0,35%. Selanjutnya, *solvent* pada masing-masing fraksi akan dipisahkan menggunakan distilasi untuk digunakan kembali pada proses selanjutnya.

Minyak hasil proses *batchwise* kemudian direaksikan dengan metanol menggunakan katalis sodium methylet, produk yang terbentuk adalah metil ester (biodiesel), gliserol, dan air. Selanjutnya produk dimasukan kedalam washing tank untuk melarutkan senyawa pengotor seperti, katalis dan metanol yang tidak bereaksi. Air dan metanol yang terdapat dalam produk dipisahkan dengan menggunakan *flash tank*, kemudian produk metil ester yang sudah terpisah dari air dan metanol kemudian disimpan pada tangki penyimpanan biodiesel.

Pabrik biodiesel dari biji nyamplung akan didirikan di Kutai Timur, Kalimantan Timur, dengan estimasi waktu mulai produksi pada tahun 2022. Pabrik ini berkapasitas 100.000 ton/tahun dengan operasi selama 24 jam per hari dengan hari kerja 330 hari per tahun. Untuk mencapai produksi sebesar itu dibutuhkan bahan baku biji nyamplung sebesar 293.190,5 ton/tahun.

Sumber investasi pabrik Biodiesel dari Biji Nyamplung berasal dari 60% dana pribadi dan 40% dana pinjaman dari Bank. Dengan perincian analisa ekonomi sebagai berikut:

Investasi	: Rp244.628.125.476
<i>Internal Rate of Return</i>	: 29,8%
POT	: 3,36 tahun
BEP	: 34,94 %

Sehingga dengan hasil tersebut dinilai bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan yang Maha Kuasa sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Pra Desain Pabrik yang berjudul **“Biodiesel Dari Biji Nyamplung (*Calaothallum Inophyllum*) Dengan Proses Pemurnian *Batchwise Solvent Extraction*”**. Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan bagi mahasiswa tahap sarjana di Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.

Selama penyusunan laporan ini, kami banyak mendapat bimbingan, dorongan, serta bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah Subhanahu wa ta'ala yang selalu mempermudah kami agar dapat menyelesaikan tugas akhir.
2. Kedua orang tua kami tercinta yang selalu mendo'akan demi kebahagiaan dan kesuksesan anaknya.
3. Bapak Setiyo Gunawan S.T.,PhD, dan Hakun Wirawasista Aparamarta, S.T., M.MT, Ph.D selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan bimbingan kepada kami.
4. Bapak Juwari, S.T., M.Eng selaku Ketua Departemen Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
5. Ibu Dr. Lailatul Qadariah, S.T., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS Surabaya.
6. Bapak dan Ibu Dosen pengajar serta seluruh karyawan Jurusan Teknik Kimia.
7. Rekan-rekan mahasiswa Laboratorium Biokimia Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS
8. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Kimia Lintas Jalur ITS Genap 2016
9. Semua pihak yang memberikan dukungan moril dan partisipasinya baik langsung maupun tidak langsung untuk terselenggaranya laporan ini.

Kami menyadari masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini, yang membutuhkan saran yang konstruktif demi penyempurnaannya.

Surabaya, Juli 2018

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PENGESAHAN	
RINGKASAN	i
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
BAB I LATAR BELAKANG	I-1
I.1 Latar Belakang	I-1
I.2 Produksi Bahan Baku	I-2
I.3 Marketing Aspek	I-5
I.4 Prospek	I-6
I.5 Penggunaan Produk	I-8
I.6 Konsumsi	I-9
I.7 Potensi dan Spesifikasi Bahan Baku	I-10
BAB II BASIS DESAIN DATA	II-1
II.1 Kapasitas	II-1
II.2 Lokasi	II-5
II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk	II-8
BAB III SELEKSI DAN URAIAN PROSES	III-1
III.1 Jenis-Jenis Proses	III-1
III.2 Seleksi Proses	III-11
III.3 Uraian Proses	III-17
BAB IV NERACA MASSA DAN ENERGI	IV-1
IV.1 Neraca Massa	IV-1
IV.2 Neraca Energi	IV-33
BAB V DAFTAR DAN HARGA PERALATAN	V-1
BAB VI ANALISA EKONOMI	VI-1
VI.1 Pengelolaan Sumber Daya Manusia	VI-1
VI.2 Utilitas	VI-10
VI.3 Analisa Ekonomi	VI-10
BAB VII KESIMPULAN	VII-1
DAFTAR PUSTAKA	xiii

DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Biji Nyamplug	I-3
Gambar I.2 Penyebaran Nyamplung Di Indonesia	I-5
Gambar I.3 Kebutuhan Energi Final per Sektor	I-7
Gambar II.1 Peta Wilayah Provinsi Kalimantan Timur ..	I-7
Gambar III.1 Reaksi Esterifikasi	III-6
Gambar III.2 Tahapan Reaksi Tranesterifikasi	III-8
Gambar III.3 Reaksi Transesterifikasi	III-8
Gambar III.4 Reaksi Saponifikasi	III-9
Gambar III.5 Perbandingan Proses Pemurnian <i>Crude</i> <i>Calophyllum Inophyllum</i> Oil (CCIO)	III-13
Gambar II.6 Diagram Blok Proses <i>Pre-treatment</i>	III-17
Gambar II.8 Diagram Blok Proses Pemurnian	III-18
Gambar II.9 Diagram Blok Proses Pembuatan Biodiesel	III-19
Gambar VI.1 Struktur Organisasi Perusahaan	VI-2

DAFTAR TABEL

Tabel I.1 Komposisi Asam Lemak pada Minyak Biji Nyamplung.....	I-4
Tabel I.2 Perkembangan produksi dan konsumsi biodiesel Indonesia.....	I-9
Tabel I.3 Potensi Budidaya Nyamplung di Indonesia	I-11
Tabel I.4 Sifat Fisika dan Kimia Metanol (CH_3OH)	I-12
Tabel I.5 Sifat Fisika dan Kimia <i>Petroleum Ether</i>	I-13
Tabel I.6 Sifat Fisika dan Kimia <i>Sodium Methylate</i>	I-13
Tabel II.1 Produksi Biodiesel Indonesia tahun 2013-2017	II-2
Tabel II.2 Konsumsi Biodiesel Indonesia tahun 2013-2017.....	II-3
Tabel II.3 Ekspor Biodiesel Indonesia tahun 2012-2017.....	II-3
Tabel II.4 Impor Automotive Diesel Indonesia tahun 2012-2017.....	II-3
Tabel II.5 Proyeksi Produksi, Konsumsi, Ekspor dan Impor tahun 2022	II-4
Tabel II.6 Sifat Fisis dan Kimia dari Gliserol	II-8
Tabel II.7 Syarat Mutu Biodiesel Standar SNI 7182:2015 .	II-9
Tabel III.1 Perbandingan Sifat Biodiesel dan Petrodiesel	III-1
Tabel III.2 Seleksi Proses <i>Pre-Treatment</i>	III-12
Tabel III.3 Seleksi Proses Pemurnian	III-14
Tabel III.4 Seleksi Proses Produksi Metil Ester (Biodiesel).....	III-11
Tabel III.5 Komposisi Minyak Biji Nyamplung Tiap Stage (%)	III-22
Tabel IV.1 Neraca Massa <i>Belt Conveyor</i> (J-112).....	IV-1
Tabel IV.2 Neraca Massa <i>Expeller Press</i> (C-110)	IV-2
Tabel IV.3 Neraca Massa <i>Centrifuge Filter</i> (H-120)	IV-3
Tabel IV.4 Neraca Massa Ekstraktor Stage I (M-210A)	IV-4
Tabel IV.5 Neraca Massa <i>Decanter Stage I</i> (H-220A)	IV-5
Tabel IV.6 Neraca Massa Ekstraktor <i>Stage II</i> (M-210B)	IV-6

Tabel IV.7	Neraca Massa <i>Decanter Stage II</i> (H-220B)	IV-7
Tabel IV.8	Neraca Massa Ekstraktor <i>Stage III</i> (M-210C)...	IV-8
Tabel IV.9	Neraca Massa <i>Decanter Stage III</i> (H-220C)	IV-9
Tabel IV.10	Neraca Massa Ekstraktor <i>Stage IV</i> (M-210D)	IV-10
Tabel IV.11	Neraca Massa <i>Decanter Stage IV</i> (H-220D)...	IV-11
Tabel IV.12	Neraca Massa Ekstraktor <i>Stage V</i> (M-210E) ..	IV-12
Tabel IV.13	Neraca Massa <i>Decanter Stage V</i> (H-220E)	IV-13
Tabel IV.14	Neraca Massa Ekstraktor <i>Stage VI</i> (M-210F) .	IV-14
Tabel IV.15	Neraca Massa <i>Decanter Stage VI</i> (H-220F) .	IV-15
Tabel IV.16	Neraca Massa Ekstraktor <i>Stage VII</i> (M-210G)	IV-16
Tabel IV.17	Neraca Massa <i>Decanter Stage VIII</i> (H-220H)	IV-17
Tabel IV.18	Neraca Massa Ekstraktor <i>Stage VIII</i> (M-210H)	IV-18
Tabel IV.19	Neraca Massa <i>Decanter Stage VIII</i> (H-220H)	IV-19
Tabel IV.20	Neraca Massa <i>Heater NPLF</i> (E-231)	IV-20
Tabel IV.21	Neraca Massa Total NPLF <i>Distillation Colom</i> (D-230)	IV-21
Tabel IV.22	Neraca Massa <i>Reactor Cooler</i> (E-312)	IV-22
Tabel IV.23	Neraca Massa <i>Transesterification Reactor</i> <i>Tank</i> (R-310)	IV-23
Tabel IV.24	Neraca Massa <i>Decanter Stage II</i> (H-220B)	IV-24
Tabel IV.25	Neraca Massa <i>Decanter Biodiesel</i> (H-320)	IV-25
Tabel IV.26	Neraca Massa <i>Flash Heater</i> (E-331)	IV-26
Tabel IV.27	Neraca Massa <i>Flash Tank</i> (E-330)	IV-27
Tabel IV.28	Neraca Massa Cooler Biodiesel (E-333)	IV-28
Tabel IV.29	Neraca Massa PLF Storage (F-222)	IV-29
Tabel IV.30	Neraca Massa <i>Heater PLF</i> (E-241)	IV-31
Tabel IV.31	Neraca Massa <i>PLF Distillation Colom</i> (D-240)	IV-32
Tabel IV.32	Neraca Energi Heater NPLF (E-231)	IV-33
Tabel IV.33	Neraca Energi NPLF <i>Distillation Colom</i> (D-230)	IV-34
Tabel IV.34	Neraca Energi Cooler Reactor (E-312)	IV-35
Tabel IV.35	Neraca Energi <i>Transesterification Reactor</i> (R-310)	IV-36

Tabel IV.36 Neraca Energi <i>Washing Tank</i> (H-321)	IV-36
Tabel IV.37 Neraca Energi Decanter Biodiesel (H-320)	IV-37
Tabel IV.38 Neraca Energi Heater Flash (E-331)	IV-38
Tabel IV.39 Neraca Energi <i>Flash Tank</i> (F-330).....	IV-39
Tabel IV.40 Neraca Energi Flash Tank (F-330).....	IV-39
Tabel IV.41 Neraca Energi <i>Heater PLF</i> (E-241)	IV-40
Tabel IV.42 Neraca Energi <i>PLF Distillation Colom</i> (D-240)	IV-41
Tabel V.1 Spesifikasi Storage Biji Nyamplung (F-110).....	V-1
Tabel V.2 Spesifikasi <i>Belt Conveyor</i> (J-112)	V-2
Tabel V.3 Spesifikasi <i>Oil Expeller Press</i> (C-110).....	V-3
Tabel V.4 Spesifikasi <i>Centrifuge Filter</i> (H-120).....	V-3
Tabel V.5 Spesifikasi <i>Petroleum Ether Storage Tank</i> (F-211).....	V-4
Tabel V.6 Spesifikasi <i>Methanol Storage Tank</i> (F-213)	V-5
Tabel V.7 Spesifikasi <i>Sodium Methylate Storage Tank</i> (F-313)	V-6
Tabel V.8 Spesifikasi <i>Ekstraktor stage I</i> (M-210 A))	V-7
Tabel V.9 Spesifikasi <i>Ekstrasktor Stage II</i> (M-210B).....	V-8
Tabel V.10 Spesifikasi <i>Ekstrasktor Stage III</i> (M-210 C)....	V-9
Tabel V.11 Spesifikasi <i>Ekstrasktor Stage IV</i> (M-210 D) ..	V-10
Tabel V.12 Spesifikasi <i>Ekstrasktor Stage V</i> (M-210 E).....	V-11
Tabel V.13 Spesifikasi <i>Ekstraktor Stage VI-VIII</i> (M-210 F-H)	V-12
Tabel V.14 Spesifikasi <i>Decanter Stage I</i> (H-220 A)	V-13
Tabel V.15 Spesifikasi <i>Decanter Stage I I</i> (H-220 B)	V-14
Tabel V.16 Spesifikasi <i>Decanter Stage III</i> (H-220 C).....	V-15
Tabel V.17 Spesifikasi <i>Decanter Stage I V</i> (H-220 D).....	V-16
Tabel V.18 Spesifikasi <i>Decanter Stage V</i> (H-220 E)	V-17
Tabel V.19 Spesifikasi <i>Decanter Stage V-VIII</i> (H-220 F-H)	V-18
Tabel V.20 Spesifikasi <i>Petroleum Ether Pump</i> (L-212)	V-19
Tabel V.21 Spesifikasi <i>Methanol Pump</i> (L-214 A).....	V-19
Tabel V.22 Spesifikasi <i>Centrifugal Pump Batchwise</i> <i>StageI</i> (L-221A).....	V-20

Tabel V.23 Spesifikasi Centrifugal Pump Batchwise Stage II (L-221B)	V-20
Tabel V.24 Spesifikasi Centrifugal Pump Batchwise Stage III (L-221C)	V-21
Tabel V.25 Spesifikasi Centrifugal Pump Batchwise Stage IV (L-221D)	V-21
Tabel V.26 Spesifikasi Centrifugal Pump Batchwise Stage IV(L-221E)	V-22
Tabel V.27 Spesifikasi Centrifugal Pump Batchwise Stage VI-VIII(L-221F-H)	V-22
Tabel V.28 Spesifikasi NPLF Heater (E-231)	V-23
Tabel V.29 Spesifikasi PLF Heater (E-241)	V-24
Tabel V.30 Spesifikasi NPLF Distillation Coloum (D-230). ..	V-25
Tabel V.31 Spesifikasi PLF Distillation Coloum (D-240) ...	V-26
Tabel V.32 Spesifikasi NPLF Condensor (E-232)	V-27
Tabel V.33 Spesifikasi PLF Condensor (E-242))	V-28
Tabel V.34 Spesifikasi NPLF Reboiler (E-233)	V-29
Tabel V.35 Spesifikasi PLF Reboiler (E-241)	V-30
Tabel V.36 Spesifikasi <i>Transesterification Reactor</i> (R-310) ..	V-31
Tabel V.37 Spesifikasi Reactor Pump (<i>L-311</i>)	V-32
Tabel V.38 Spesifikasi Petroleum Ether Recycle Pump (L-234)	V-33
Tabel V.39 Spesifikasi NaOCH ₃ Pump (L-314)	V-33
Tabel V.40 Spesifikasi Decanter Pump 2 (L-324)	V-34
Tabel V.41 Spesifikasi Methanol Recycle Flash Pump (L-334)	V-34
Tabel V.42 Spesifikasi Biodiesel Pump (L-322)	V-35
Tabel V.43 Spesifikasi Reactor Cooler (E-312)	V-36
Tabel V.44 Spesifikasi Flash Heater (E-331)	V-37
Tabel V.45 Spesifikasi Condensor Flash (E-332)	V-38
Tabel V.46 Spesifikasi Biodiesel Cooler (E-332)	V-39
Tabel V.47 Spesifikasi Washing Tank (F-321)	V-40
Tabel V.48 Spesifikasi Flash Tank (F-330)	V-41
Tabel V.49 Spesifikasi Biodiesel Tank (F-336)	V-42
Tabel V.50 Spesifikasi Decanter (H-320)	V-43

Tabel V.51 Spesifikasi <i>CCIO Storage Tank (F-215)</i>	V-44
Tabel V.52 Spesifikasi <i>PLF Storage Tank(F-222)</i>	V-45
Tabel V.53 Spesifikasi <i>NPLF Storage Tank(F-222)</i>	V-46
Tabel V.54 Spesifikasi <i>Intermediate Tank(F-322)</i>	V-47
Tabel V.55 Spesifikasi <i>NPLF Centrifuge pump (L-225)</i>	V-48
Tabel V.56 Spesifikasi <i>Decanter Pump 1(L-323)</i>	V-48
Tabel VI.1 Perincian Jumlah Karyawan	VI-11

BAB I

LATAR BELAKANG

I.1. Latar Belakang

Beberapa tahun terakhir ini, persoalan energi telah menjadi persoalan yang krusial di Indonesia dan di dunia yang memberikan dampak yang signifikan pada meningkatnya harga bahan bakar minyak (BBM). Peningkatan permintaan energi ini disebabkan oleh pertumbuhan populasi manusia dan permasalahan emisi dari bahan bakar fosil yang memberikan tekanan kepada setiap negara untuk segera memproduksi dan menggunakan energi yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) dan tidak mencemari lingkungan. Ketergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil menyebabkan cadangan sumber energi tersebut makin lama semakin berkurang. Selain itu, penggunaan bahan bakar fosil berdampak pula pada perubahan iklim global yang disebabkan oleh meningkatnya efek rumah kaca di atmosfer bumi. Untuk mengurangi efek rumah kaca ini perlu ditingkatkan upaya pemanfaatan sumber energi alternatif yang bisa diperbaharui. Sumber energi terbarukan tersebut diantaranya adalah bahan bakar alternatif berupa biodiesel. Untuk mendukung perkembangan biodiesel, pemerintah telah mengeluarkan PP No.79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional dalam penyediaan dan pemenuhan sumber energi dalam negeri diantaranya dengan menetapkan target produksi energi baru dan energi terbarukan paling sedikit 23% pada tahun 2025 dengan mengurangi konsumsi minyak bumi menjadi 25%, serta memberi penugasan kepada Departemen Kehutanan untuk berperan dalam penyediaan bahan baku biodiesel termasuk pemberian ijin pemanfaatan lahan hutan terutama lahan yang tidak produktif.

Menurut Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) atau *Indonesian Palm Oil Association*, pada tahun 2008, Indonesia berhasil memproduksi 630 ribu kiloliter biodiesel, sedangkan tingkat konsumsi adalah 23 ribu kilo liter, dan

sebagian besar produksi biodiesel Indonesia adalah berorientasi ekspor. Setiap tahun produksi biodiesel Indonesia memiliki trend pertumbuhan yang positif. Pada tahun 2017, produksi biodiesel Indonesia meningkat pesat menjadi 2.6 juta kilo liter. Seiring dengan meningkatnya konsumsi domestik, dari 23 ribu kilo liter pada tahun 2008, menjadi 2,4 juta kilo liter pada tahun 2017 yang berdampak pada kinerja ekspor biodiesel Indonesia yang menurun.

Bahan baku yang dapat digunakan dalam pembuatan biodiesel antara lain adalah Nyamplung. Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) merupakan spesies tanaman *mangrove* dari famili *Calophyllaceae*. Tanaman nyamplung tersebar diberbagai daerah di Indonesia mulai dari Sumatra hingga Papua yang luasnya mencapai 255,35 ribu ha (Balitbang Kehutanan, 2008). Tumbuhan ini biasanya hanya dimanfaatkan kayunya untuk kebutuhan konstruksi, furniture dan lain-lain. Beberapa keunggulan biodiesel yang dihasilkan dari nyamplung adalah rendemen minyak nyamplung tergolong tinggi yaitu 40-73% (Singh dkk, 2010). Dengan adanya potensi nyamplung yang cukup melimpah di Indonesia, pemanfaatnya sebagai sumber bahan bakar nabati pengganti solar, dapat menjadi alternatif mengatasi krisis energi di Indonesia.

I.2 Produksi Bahan Baku

Indonesia sangat kaya akan keanekaragaman hayati yang terdiri atas *flora* dan *fauna*. Salah satu *flora* jenis pohon yang hidup dan banyak ditemui di Indonesia terutama di kawasan pesisir adalah nyamplung (*Calophyllum inophyllum*). Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.) adalah tanaman serbaguna yang termasuk keluarga *Clusiaceae*. Tanaman ini memiliki wilayah penyebaran meliputi Afrika Timur, India, Asia Tenggara dan Australia. Tanaman ini tumbuh di area dengan curah hujan 1000-5000 mm pertahun pada ketinggian 0-200 m diatas permukaan laut. Kecepatan tumbuh dari pohon nyamplung adalah 1m per

tahun pada tempat yang baik. Daunnya berat dan mengkilap, panjangnya 10-20 cm dan lebarnya 6-9 cm.

Berwarna hijau ketika muda dan hijau gelap ketika tua. Biji nyamplung berbentuk bulat dan tumbuh secara berkelompok. Biji ini pada awalnya berwarna merah muda kehijauan dan akan beralih menjadi hijau terang saat masak, setelah itu menjadi abu-abu gelap kecoklatan dan berkerut.



Gambar I.1 Biji Nyamplug

Tanaman nyamplung tersebar diberbagai daerah di Indonesia mulai dari Sumatra hingga Papua. Luasnya mencapai 255,35 ribu ha (Balitbang Kehutanan, 2008). Produksi tanaman nyamplung tiap tahun mencapai 100-200 kg buah/pohon. Menurut A.E Atabani, 2014, biji nyamplung memiliki kandungan minyak 40-70% (w/w) dengan yield 4680 kg minyak/ha/tahun.

Minyak nyamplung merupakan minyak nabati yang dihasilkan melalui proses pengepresan yang umumnya berwarna kehijauan. Minyak nyamplung dapat diperoleh dengan cara memecah tempurung biji nyamplung yang telah tua dan diambil bagian dalamnya yang berwarna putih gading. Minyak ini memiliki kadar asam lemak yang tinggi sehingga untuk diproses menjadi minyak goreng perlu perlakuan khusus. Kebanyakan asam lemak tersebut ada dalam bentuk ester triasilgliserol.

Analisis fitokimia menunjukkan bahwa minyak biji nyamplung mengandung asam lemak seperti yang terdapat pada **Tabel I.1.**

Tabel I.1 Komposisi Asam Lemak pada Minyak Biji Nyamplung

Komponen	% massa
Tri-miristat	0,09
Tri-palmitat	15,89
Tri-stearate	12,3
Tri-oleat	49,09
Tri-linoleat	20,7
Tri-linolenat	0,27
Tri-arachidat	0,94
Tri-eurat	0,72
Total	100

(Sudrajat, 2007)

Berikut ini adalah sifat fisik dari *crude oil* nyamplung:

Berat jenis (g/cm^3)	: 0,941-0,945
Warna	: Hijau gelap dan kental
Kandungan TG	: 78,3 %
Kandungan FFA	: 8,51%
Angka lodium (mg/g)	: 82-98
Angka penyabunan (mg KOH/g)	: 192-202
Titik leleh	: 8°C

(Haryati, 2007)

Beberapa keuntungan menggunakan Nyamplung (*Calophyllum inophyllum L.*) sebagai biodiesel adalah sebagai berikut:

1. Minyak nyamplung merupakan *non-edibble oil* sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan.
2. Adanya program pemerintah dalam pengembangan BBN (Bahan Bakar Nabati).
3. *Calophyllum inophyllum* memiliki potensi kelangsungan hidup yang tinggi di alam dengan masa produktif lebih dari 50 tahun.

Adapun peta penyebaran tanaman nyamplung di Indonesia :



Gambar I.2 Penyebaran Nyamplung Di Indonesia

I.3 Marketing Aspek

Penggunaan bahan bakar diesel atau yang sering disebut solar di Indonesia dari tahun ke tahun cukup tinggi, seiring dengan perkembangan industri dan otomotif. Namun bahan bakar diesel yang berasal dari minyak nabati belum banyak digunakan di Indonesia. Dengan adanya program pemerintah dalam pengembangan BBN (Bahan Bakar Nabati) diharapkan dapat membantu pelestarian lingkungan dengan mengurangi pemakaian bahan fosil sebagai bahan utama pembuatan solar. Dalam penggunaannya, biodiesel yang dihasilkan akan dicampur dengan solar untuk mengurangi penggunaan solar di Indonesia.

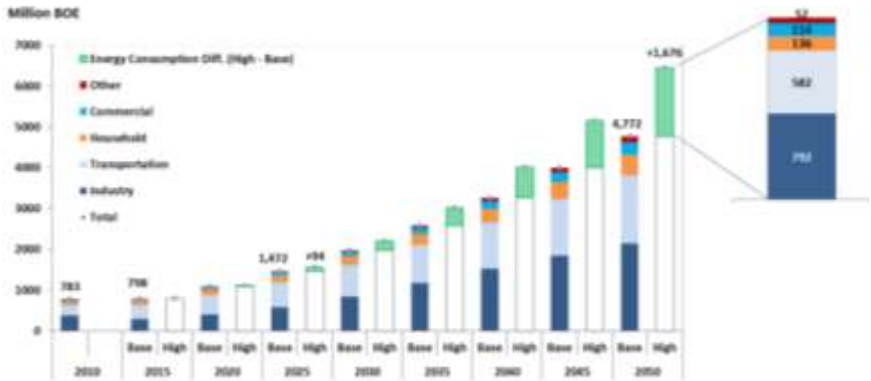
Tanaman nyamplung memiliki beberapa keunggulan, diantaranya adalah nyamplung merupakan tanaman pantai yang tumbuh di daratan dengan ketinggian dari 0 hingga 400 mdpl (meter diatas permukaan laut), tersebar diseluruh kepulauan Indonesia, juga di beberapa negara berpantai seperti negara-negara di Afrika, Madagaskar, India, Thailand, Vietnam, Malaysia, dan Cina. Kelebihan nyamplung sebagai bahan baku biofuel adalah bijinya mempunyai rendemen yang tinggi, bisa mencapai 40-73%, dan dalam pemanfaatannya tidak berkompetisi dengan kepentingan pangan. Selain itu, tanaman nyamplung

memiliki daya tahan yang tinggi terhadap lingkungan. Jenis ini ditemukan dalam jumlah populasi yang besar, dengan kisaran umur yang lama (> 50 tahun), memiliki biji yang banyak, berbuah sepanjang tahun terutama pada bulan September-Nopember sehingga tanaman ini sangat cocok digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan biodiesel. (Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan (P3HH) Telah Melaksanakan Penelitian Pembuatan Biodiesel dari Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* L.), 2005-2008).

Pemanfaatan biodiesel diarahkan untuk bisa memberikan kontribusi yang signifikan terhadap energi nasional terutama sebagai bahan bakar substitusi untuk motor diesel. Oleh karena itu, pemerintah terus meningkatkan kebijakan pemanfaatan Biodiesel di Indonesia melalui Mandatori BBN. Standar Nasional Indonesia (SNI) ini memiliki peran penting dalam menjaga kualitas biodiesel yang dipasarkan di dalam negeri untuk melindungi konsumen, produsen dan mendukung perkembangan industri biodiesel. Dalam rangka mencapai tujuan itu, perlu adanya evaluasi SNI biodiesel secara berkelanjutan sesuai kebutuhan dan kondisi dalam negeri.

I.4 Prospek

Penduduk Indonesia saat ini berjumlah 255 juta dengan pertumbuhan 1,5% per tahun. Kondisi ini membuat Indonesia masih menduduki peringkat ke-4 sebagai negara dengan jumlah penduduk terbesar di dunia setelah Cina, India dan Amerika. Diperkirakan pada tahun 2025 jumlah penduduk Indonesia akan mencapai 300 juta jiwa. Jumlah penduduk yang besar tersebut menimbulkan peningkatan konsumsi energi pada berbagai sektor kehidupan khususnya industri, transportasi, dan rumah tangga yang dapat dilihat pada Gambar I.5.



Gambar I.3 Kebutuhan Energi Final per Sektor
(BPPT, 2017)

Data diatas diolah berdasarkan data konsumsi energi pada *Handbook of Energy and Economic Statistics of Indonesia 2016*, Kementerian ESDM. Dari gambar konsumsi energi final per sektor, dapat disimpulkan bahwa penggunaan energi di Indonesia semakin lama semakin meningkat dengan pemakaian dominan pada sektor industri.

Oleh karena itu, produksi biodiesel sebagai bahan bakar pengganti solar dimasa mendatang memiliki prospek yang sangat baik. Hal ini disebabkan karena ketersediaan bahan bakar solar dari tahun ke tahun semakin menipis. Akibatnya harga BBM naik karena pengurangan subsidi oleh pemerintah maka produk biodiesel makin kompetitif di pasaran Indonesia. Biodiesel merupakan alternatif solusi terbaik untuk menggantikan bahan bakar solar tersebut.

Peluang pembuatan pabrik yang memproduksi biodiesel cukup baik karena adanya Program Pengembangan Bahan Bakar Nabati (BBN) oleh Pemerintah Republik Indonesia sesuai dengan Keputusan Presiden ataupun Peraturan Perundangundangan lainnya, meliputi:

- a. Instruksi Presiden No. 1 tahun 2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati (*Biofuel*).
- b. Dekrit Presiden No. 10 tahun 2006 tentang Pembentukan Team Nasional untuk Pengembangan Biofuel.
- c. Peraturan Presiden No. 79 tahun 2014 tentang Kebijakan Energi Nasional.

Selain didukung dari program pemerintah, bahan baku utama yang digunakan untuk pembuatan biodiesel ini adalah minyak nyamplung, budidaya tanaman nyamplung tidak memerlukan investasi yang besar. Ketersediaan lahan yang potensial untuk pengembangan tanaman nyamplung juga tersebar di seluruh Indonesia.

I.5 Penggunaan Produk

Biodiesel merupakan bahan bakar mesin diesel yang diperoleh dari lemak nabati dan hewani yang berguna sebagai bahan alternatif untuk menggerakkan alat-alat bermotor seperti pada kendaraan ataupun pada industri. Menurut Devita.L (2015) Biodiesel mempunyai beberapa keuntungan dan kelebihan bila dibandingkan dengan solar, yaitu:

1. Bahan baku yang dapat diperbarui (*renewable resources*).
2. Kelebihan penggunaan biodiesel yang lain adalah tidak perlu modifikasi mesin, hal ini dikarenakan biodiesel mempunyai efek pembersihan terhadap tangki bahan bakar, injektor dan slang.
3. Tidak menambah efek rumah kaca karena karbon yang dihasilkan masih I.3.2 dalam siklus karbon.
4. Kandungan emisi CO, NO dan sulfur dan senyawa hasil pembakaran lainnya rendah, dan lebih mudah terurai di alam.
5. Tidak beracun.
6. Penanganan dan penyimpanan lebih mudah karena tidak menghasilkan uap yang berbahaya pada suhu kamar.
7. Limbahnya bersifat ramah lingkungan (*biodegradable*).

8. Daya pelumasan yang tinggi.

I.6 Konsumsi

Konsumsi bahan bakar nabati (BBN) sebagai energi terbarukan (*renewable energy*) di Indonesia maupun dunia masih sangat rendah, yakni di bawah 10 persen dari konsumsi total energi. Guna mendorong pengembangan dan pemanfaatan BBN, pemerintah mengeluarkan berbagai kebijakan, termasuk aturan mengenai kewajiban pemakaian biodiesel.

Dalam Kebijakan Energi Nasional pemerintah menargetkan pada 2025 pemakaian BBN mencapai 5 persen dalam bauran energi nasional (*energy mix*). Berikut tabel perkembangan produksi dan konsumsi biodiesel Indonesia.

Tabel I.2 Perkembangan produksi dan konsumsi biodiesel Indonesia

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Beginning stock*	18	15	81	38	40	55	7	57	34	34
Production *	630	330	740	1800	2200	2800	3000	1180	2450	2600
Import *	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eksport *	610	204	563	1440	1515	1800	1350	343	200	100
Consumption *	23	60	220	358	670	1048	1600	860	2250	2400
Ending stock *	15	81	38	40	55	7	57	34	34	134

*10³ kiloliter

(GAPKI, 2017)

Dari data tersebut, pemerintah didorong dalam merealisasikan program pengembangan BBN dengan cara secara perlahan mengurangi pemakaian energi fosil, BBN, baik biodiesel maupun bioetanol ditingkatkan produksinya.

I.7 Potensi dan Spesifikasi Bahan Baku

I.7.1 Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*)

Tanaman nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) adalah pohon yang termasuk kedalam famili *Clusiaceae*. Tanaman ini

memiliki persebaran habitat di Afrika Timur, India, Asia Tenggara, Australia dan Pasifik Selatan. Tanaman ini tumbuh di area dengan curah hujan 1000-5000 mm pertahun pada ketinggian 0-200 m diatas permukaan laut. Tanaman nyamplung sangat potensial bila digunakan sebagai bahan baku pembuatan biodiesel dikarenakan kadar minyak yang tinggi pada biji (40-73 %(w/w)), minyak yang dapat dihasilkan sebesar 4680 kg/ha serta merupakan *non-edible oil* sehingga tidak bersaing dengan kebutuhan pangan (Muhammad, 2014).

Menurut Balitbang Kehutanan (2008), Tanaman nyamplung mempunyai sebaran yang cukup luas di dunia meliputi Madagaskar, Afrika Timur, Asia Selatan dan Tenggara, Kepulauan Pasifik, Hindia Barat, dan Amerika Selatan. Di Indonesia tanaman nyamplung tersebar di Pulau Sumatera, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Alor, Sulawesi, Kalimantan, Timor dan Ternate. Potensi alami nyamplung di Indonesia belum diketahui secara pasti. Namun dari hasil penafsiran potensinya sesuai tegakan mencapai 480.000 ha, seluas 255.300 ha di antaranya bertegakan hutan nyamplung (M. Syakir, 2015).

Produktivitas biji nyamplung sangat tinggi bervariasi antara 40-150 kg per pohon setiap tahun atau sekitar 20 ton per hektar setiap tahunnya dan lebih tinggi dibandingkan jenis tanaman lain seperti jarak pagar (5 ton per hektar tiap tahun) dan sawit (6 tonper hektar tiap tahun). Rendemen minyak nyamplung dari 12 populasi di Indonesia mempunyai variasi yang tinggi yaitu antara 37-58 % dan lebih tinggi dibandingkan jarak pagar 25-40%, saga hutan 14-28%, kepuh 24-40%, kesambi 30-40% dan kelor 39-40%. Satu liter minyak nyamplung dapat dihasilkan dari 2-2,5 kg biji, sedangkan jarak pagar membutuhkan 4 kg untuk menghasilkan satu liter minyak (Dr. Ir. Budi Leksono, 2015).

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang keempat didunia. Sepanjang sekitar 95.000 km merupakan habitat penting bagi vegetasi mangrove dan biotanya. Sebuah survey tahun 2007 menunjukkan bahwa 20% dari garis

pantai rusak, dan tanah aktif terancam oleh abrasi. Reboisasi penanaman vegetasi pantai dilakukan oleh pemerintah daerah. Salah satunya adalah *Calophyllum Inophyllum*. Berikut ini dapat dilihat pada **Tabel I.3**

Tabel I.3 Potensi Budidaya Nyamplung di Indonesia

No	Wilayah	Luas Lahan Potensial Budidaya Nyamplung (ha)		
		Tanaman Nyamplung	Tanah Kosong	Total
1	Bali dan Nusa Tenggara	15.700	4.700	20.400
2	Irian Jaya Barat	2.800	34.900	62.900
3	Jawa	2.200	3.400	5.600
4	Kalimantan	10.100	19.200	29.300
5	Maluku	8.400	9.700	18.100
6	Papua	79.800	16.400	96.200
7	Sulawesi	3.100	9.900	13.000
8	Sumatera	7.400	16.800	24.200
Total		177.100	107.100	284.400

(Balitbang Kehutanan, 2008)

Pada pabrik ini, bahan baku yang digunakan adalah crude minyak biji nyamplung yang didapat dari kerjasama dengan pabrik biodiesel dan *home industry* masyarakat setempat. Berikut spesifikasi nyamplung yang dipasarkan di Indonesia berdasarkan Dewan Standarisasi Nasional dengan nomor SNI 01-3178-1996.

Berat jenis (g/cm^3)	: 0,941-0,945
Warna	: Hijau gelap dan kental
Kandungan TG	: 78,3 %
Kandungan FFA	: 8,51%
Angka lodium	: 82-98
Angka penyabunan	: 192-202

I.7.2. Metanol (CH_3OH)

Metanol sering digunakan sebagai pelarut dalam proses industri. Metanol pada umumnya dibuat dari gas alam, dapat juga dihasilkan dari biomass. Metanol bersifat beracun, jika terhirup menyebabkan sesak napas. Untuk Sifat Fisiika dan Kimia Metanol dapat dilihat pada **Tabel II.6**.

Tabel I.4 Sifat Fisika dan Kimia Metanol (CH_3OH)

Karakteristik	Keterangan
Warna	Tidak berwarna
Bau	Berbau seperti alcohol
Fase	Cair
Tekanan uap	(pada 20°C) 96 mmHg
Densitas uap	(udara= 1) 1,11
Titik leleh	$-97,6^\circ\text{C}$
Titik didih	(pada 760 mmHg) $64,5^\circ\text{C}$
<i>Specific gravity</i>	(air = 1) 0,7915 pada 68°F
Laju evaporasi	(butil asetat = 1) 4,6
Persen volatilitas	100% volume
Densitas	792 kg/m^3
Viskositas	0,59 cp
Kelarutan pelarut	Larut dalam alkohol ketone, ester, hidrokarbon halogenasi
Berat molekul	32,04
Rumus kimia	CH_3OH

(Material Safety Data Sheet, 2018)

I.7.3 Petroleum Ether (PE)

Petroleum Ether (PE) fraksi minyak bumi yang terdiri dari hidrokarbon alifatik. Biasanya digunakan untuk melarutkan senyawa-senyawa non polar selain itu seringkali digunakan sebagai pelarut di laboratorium. Meskipun namanya, petroleum ether tidak diklasifikasikan sebagai eter; istilah ini hanya digunakan secara figuratif, menandakan cahaya ekstrim dan volatilitas. Berikut ini adalah sifat Fisik dan Kimia dari Petroleum Ether.

Tabel I.5 Sifat Fisika dan Kimia *Pethroleum Ether*

Karakteristik	Keterangan
Fase	Cair
Titik leleh	<-73°C
Titik didih	(pada 760 mmHg) 42-62°C
Persen volatilitas	90% volume
Densitas	0,653 gram/MI
<i>Specific Gravtity</i>	0,7 (Air = 1)
Densitas Uap	3,9 (Air = 1)
Kelarutan	Air Dingin
Berat molekul	82,2

*(Material Safety Data Sheet,2018)***I.7.4 Sodium Methylate (CH_3ONa)****Tabel I.6** Sifat Fisika dan Kimia *Sodium Methylate*

Karakteristik	Keterangan
Rumus molekul	CH_3ONa
Berat Molekul	54
Ph	13
Titik Didih	92°C (1013 hPa)
Flash Point	32°C
Tekanan Uap	45hPa (20°C)
Densitas	0,97 gram/cm ³ (20°C)
Viskositas	68 mPa.s
Kelarutan	Sebagian dapat larut, dekomposisi parsial dengan hidrolisis

(Material Safety Data Sheet,2018)

BAB II

BASIS DESAIN DATA

II.1 Kapasitas

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik biodiesel adalah kapasitas pabrik. Pabrik biodiesel dengan bahan biji nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) ini direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2022 dengan mengacu pada pemenuhan konsumsi dalam negeri serta penekanan jumlah impor.

Dengan analogi dari persamaan untuk menghitung bunga, maka perkiraan volume kebutuhan produksi, konsumsi, ekspor, impor biodiesel (dalam kg) pada tahun 2022 dapat dihitung. Berikut persamaan yang digunakan:

$$F = P (1 + i)^n$$

Dimana :

F = Perkiraan volume biodiesel pada tahun 2022

P = Volume biodiesel pada tahun ke 2014

i = Indeks pertumbuhan rata-rata

n = Selisih waktu

Untuk menghitung indeks pertumbuhan rata-rata produksi, konsumsi, ekspor, dan impor digunakan rumus:

$$i = \left(\frac{\sum \text{indeks pertumbuhan setiap tahun}}{\text{Total tahun}} \right)$$

(Timmerhaus, K.D., 2004)

Berikut data-data produksi (**Tabel II.1**), konsumsi (**Tabel II.2**), ekspor (**Tabel II.3**), dan impor (**Tabel II.4**) biodiesel di Indonesia

Tabel II.1 Produksi Biodiesel Indonesia tahun 2013-2017

Tahun	Berat (ton)	Pertumbuhan (i)
2013	2.422.560	0
2014	2.595.600	0,071428571
2015	1.020.936	-0,606666667
2016	2.119.740	1,076271186
2017	2.249.520	0,06122449
Pertumbuhan rata-rata		0,120451516
Proyeksi Produksi Biodiesel Tahun 2022		3.972.420,385 ton/tahun

(Gapki, 2017)

Untuk menghitung indeks pertumbuhan setiap tahun menggunakan rumus :

$$\text{indeks pertumbuhan tahun}_n = \frac{\text{berat tahun (ke}_n\text{)} - \text{berat tahun (ke}_{n-1})}{\text{berat tahun (ke}_n\text{)}}$$

Misalnya, indeks pertumbuhan produksi tahun 2017 :

$$\text{indeks pertumbuhan tahun}_{2017} = \frac{(2.249.520 - 2.119.740)}{2.249.520} = 0,06122449$$

Apabila indeks pertumbuhan produksi di setiap tahun telah dihitung, maka indeks pertumbuhan rata-rata (i) dapat dihitung menggunakan persamaan sebelumnya:

$$i = \frac{2.249.520 + 2.119.740 + 1.020.936}{2017-2015} = 0,120451516$$

Maka besarnya produksi pada tahun 2022 adalah :

$$\begin{aligned} F &= P (1 + i)^n \\ &= 2.595.600 * (1 + 0,120451516)^{(2022-2014)} \\ &= 2.595.600 * (1,120451516)^6 \\ &= 35.654.495,15 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Untuk menentukan pertumbuhan proyeksi konsumsi, ekspor dan impor pada tahun 2022. Menggunakan cara yang sama dengan penentuan proyeksi konsumsi.

Tabel II.2 Konsumsi Biodiesel Indonesia tahun 2013-2017

Tahun	Berat (ton)	Pertumbuhan (i)
2013	906.729,6	0
2014	1.384.320	0,526717557
2015	744.072	-0,4625
2016	1.946.700	1,61627907
2017	2.076.480	0,066666667
Pertumbuhan rata-rata		0,349432659
Proyeksi Konsumsi Biodiesel Tahun 2022		9.291.457,309 ton/tahun

(Gapki, 2017)

Tabel II.3 Ekspor Biodiesel Indonesia tahun 2012-2017

Tahun	Berat (ton)	Pertumbuhan (i)
2013	15.57.360	0
2014	1.168.020	-0,25
2015	296.763,6	-0,745925926
2016	173.040	-0,416909621
2017	86.520	-0,5
Pertumbuhan rata-rata		-0,382567109
Proyeksi Ekspor Biodiesel Tahun 2022		7.763,638657 ton/tahun

(Gapki, 2017)

Tabel II.4 Impor Automotive Diesel Indonesia tahun 2012-2017

Tahun	Berat (ton)	Pertumbuhan (i)
2013	7.396.238,471	0
2014	7.620.162,042	0,030275331
2015	7.130.971,679	-0,064196845
2016	5.023.682,74	-0,295512173
2017	4.807.440,542	-0,043044557
Pertumbuhan rata-rata		0,011890766
Proyeksi Import Biodiesel Tahun 2022		127.926,3773 ton/tahun

(Balai Pusat Statistik, 2017)

Dari hasil perhitungan di atas, maka dapat diperoleh nilai proyeksi produksi, konsumsi, ekspor dan impor biodiesel tahun 2022 yang disajikan pada **Tabel II.5**

Tabel II.5 Proyeksi Produksi, Konsumsi, Ekspor dan Impor tahun 2022

Proyeksi	Berat (ton)	Berat (kg)
Produksi	3.972.420,385	3.972.420.385
Konsumsi	9.291.457,309	9.291.457.309
Ekspor	7.763,638657	7.763.639
Impor	127.926,3773	127.926.377

Untuk menentukan kebutuhan biodiesel di Indonesia yang belum terpenuhi dapat dihitung dengan persamaan :

$$F_3 = F_4 + F_5 - F_1 - F_2$$

Dimana : F_1 = nilai impor (ton/tahun)

F_2 = nilai produksi dalam negeri/ pabrik lama (ton/tahun)

F_3 = nilai kebutuhan yang belum terpenuhi/ produksi pabrik baru (ton/tahun)

F_4 = nilai ekspor (ton/tahun)

F_5 = nilai konsumsi dalam negeri (ton/tahun)

Sehingga diperoleh kebutuhan yang belum terpenuhi sebesar:

$$F_3 = 7.763,638657 + 9.291.457,309 - 127.926,3773 - 3.972.420,385$$

$$F_3 = 5.198.874,185 \text{ ton/tahun}$$

Pabrik yang dibangun direncanakan akan mendominasi 5% dari total kebutuhan biodiesel di Indonesia, maka kapasitas produksi menjadi :

$$\text{Kapasitas pabrik} = (2\%) * 5.198.874,185 = 103.977,484 \text{ ton/tahun}$$

Ada beberapa pertimbangan dalam pemilihan kapasitas pabrik metil ester, yaitu: kebutuhan Metil Ester di Indonesia, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas produksi pabrik komersil yang sudah ada. Kebutuhan biodiesel sangat tinggi, tetapi ketersediaan bahan baku masih belum memenuhi. Pada **Tabel I.3**, total produksi nyamplung di wilayah Kalimantan yaitu 20

ton/hektar/tahun x 10.100 hektar = 202.000 ton/tahun. Menurut Balitbang Kehutanan (2008) untuk membuat 1 liter biodiesel memerlukan 2-2,5 kg bij nyamplung. Dari pertimbangan bahan baku yang tersedia diasumsikan kebutuhan biodiesel 100.000 ton/tahun = 303,303 ton/hari. Berdasarkan data tersebut, ditetapkan bahwa kebutuhan nyamplung sebesar 242,424 ton/hari atau 5,61% dari total produksi nyamplung di Indonesia. Kapasitas produksi tersebut diambil dengan pertimbangan wilayah Kalimantan, yang masih memiliki wilayah Nyamplung yang luas serta masih banyaknya lahan kosong.

II.2 Lokasi

Lokasi pabrik dapat mempengaruhi kedudukan pabrik dalam persaingan maupun penentuan kelangsungan produksinya. Pemilihan lokasi pabrik yang tepat, ekonomis dan menguntungkan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu ketersediaan bahan baku, tata letak (geografis) pabrik, transportasi, ketersediaan tenaga kerja, pembuangan limbah serta ketersediaan sumber air dan listrik.

Luas lahan budidaya tanaman Nyamplung di pulau Kalimantan berada di urutan ke-3. Sehingga lokasi pabrik biodiesel yang akan didirikan direncanakan akan ditempatkan di kawasan Kutai, Kalimantan Timur. Dengan pertimbangan sebagai berikut :

1. Faktor utama

Faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik adalah sebagai berikut :

a. Bahan baku

Bahan baku yang digunakan untuk membuat biodiesel yaitu biji nyamplung dan metanol. Bahan baku metanol diperoleh dari PT. Kaltim Metanol Industri yang terletak di Bontang Kalimantan Timur, sedangkan biji nyamplung didapat dari para pekebun di daerah pesisir pantai. Oleh karena itu dipilih lokasi yang dekat dengan pengambilan bahan baku untuk mempermudah pengiriman.

b. Pemasaran

Lokasi pemasaran akan sangat mempengaruhi harga produk dan biaya transportasi. Letak yang sangat berdekatan dengan pasar utama merupakan pertimbangan yang sangat penting karena akan lebih mudah terjangkau oleh konsumen.

c. Utilitas

Utilitas yang utama adalah air, *steam*, bahan bakar dan listrik. Untuk kebutuhan listrik didapat dari PLN dan generator, kebutuhan bahan bakar dipenuhi dari Pertamina atau perusahaan petroleum lain, sedangkan kebutuhan air dipenuhi dari sungai yang ada di sekitar pabrik.

d. Transportasi dan Telekomunikasi

Dalam hal ini dipertimbangkan dari segi kemudahan dan kelancarannya namun dalam hal ini bersifat relatif karena ada kalanya kemudahan transportasi tercipta karena berdirinya suatu pabrik. Sistem transportasi yang dominan adalah darat dan laut.

e. Tenaga Kerja

Penyediaan tenaga kerja di Kalimantan Timur tidak sulit karena dari tahun ke tahun angka tenaga kerja selalu bertambah. Tenaga kerja dapat diambil dari daerah setempat atau dapat didatangkan dari daerah lain di sekitarnya. Sedangkan tenaga ahli dapat diperoleh dari daerah setempat maupun didatangkan dari daerah lain. Begitu juga dengan tingkat pendidikan yang relatif tinggi.

2. Faktor pendukung

Faktor pendukung juga perlu mendapatkan perhatian di dalam pemilihan lokasi pabrik karena faktor - faktor yang ada di dalamnya selalu menjadi pertimbangan agar pemilihan pabrik dan proses produksi dapat berjalan lancar. Faktor pendukung ini meliputi :

- a. Harga tanah dan gedung dikaitkan dengan rencana di masa yang akan datang.
- b. Kemungkinan perluasan pabrik

- c. Tersedianya fasilitas servis, misalnya di sekitar lokasi pabrik tersebut atau jarak yang relatif dekat dari bengkel besar dan semacamnya.
- d. Tersedianya air yang cukup.
- e. Peraturan pemerintah daerah setempat.
- f. Keadaan masyarakat daerah sekitar (sikap keamanan dan sebagainya).
- g. Keadaan tanah untuk rencana pembangunan dan pondasi.

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut di atas, maka provinsi Kalimantan Timur, kabupaten Kutai Timur sangat tepat bila dijadikan sebagai lokasi pendirian pabrik biodiesel.



Gambar II.1 Peta Wilayah Provinsi Kalimantan Timur

Dengan kondisi alam sebagai berikut:

- Kelembaban Udara : 79-97%
- Suhu : 21-30 °C
- Curah hujan : 1.700 – 2.000 mm/tahun
- Angin : 12-16 km/jam

II.3 Kualitas Bahan Baku dan Produk

Produk dari pabrik ini yaitu biodiesel sebagai produk utama dan gliserol sebagai produk samping. Berikut ini merupakan kualitas dari Biodiesel diharuskan sesuai dengan standar baku mutu yang ditetapkan. Dapat dilihat pada **Tabel II.7** persyaratan mutu biodiesel mengacu pada SNI 7182:2015

Sedangkan untuk gliserol (1,2,3-propanatriol) sering digunakan sebagai pelarut, pemanis, humektan, bahan tambahan pada industri peledak, kosmetik, sabun cair, permen dan pelumas. Gliserol juga dipakai sebagai komponen antibeku suatu campuran dan sumber nutrisi pada kultur fermentasi dalam produksi antibiotik. Berikut data sifat fisis dan kimia Gliserol (**Tabel II.6**).

Tabel II.6 Sifat Fisis dan Kimia dari Gliserol

Karakteristik	Keterangan
Rumus molekul	$C_3H_8O_3$
Berat Molekul	92,09382 g/mol
Bentuk	Cair
Warna	jernih kekuningan
Viskositas	2,86 cp
Titik didih	290°C
Titik leleh	13°C
Flash point	160°C
Densitas 25°C	1,26 g/cm ³
Impuritas	17% NaCl
Sifat kimia	Gliserol dapat mengalami <i>glycolysis</i> atau <i>gluconeogenesis</i> , bersifat higroskopis, Larut dalam air

(Material Safety Data Sheet, 2018)

Tabel II.7 Syarat Mutu Biodiesel Standar SNI 7182:2015

No	Parameter	Satuan	Nilai
1	Massa jenis pada 40°C	°C.kg/m ³	850-890
2	Viskositas kinematik pada 40°C	mm ² /s(cSt)	2,3-6,0
3	Angka setana	-	Min. 51
4	Titik nyala (mangkok tertutup)	°C	Min. 100
6	Korosi lempeng tembaga (3 jam pada 50°C)	-	Maks. No. 3
7	Residu karbon <ul style="list-style-type: none"> Dalam contoh asli Dalam 10% ampas destilasi 	% massa	Maks. 0,05 Maks. 0,030
8	Air dan sendimen	% volume	Maks. 0,05
9	Temperature destilasi 90%	°C	Maks. 360
10	Abu tersulfatkan	% massa	Maks. 0,0
11	Belerang	ppm-m(mg/kg)	Maks. 100
12	Fosfor	ppm-m(mg/kg)	Maks. 10
13	Angka asam	mg-KOH(mg/kg)	Maks. 0,8
14	Gliserol bebas	% massa	Maks. 0,02
15	Gliserol total	% massa	Maks. 0,24

Dari hasil perhitungan kapasitas pabrik biodiesel di atas, diperoleh kapasitas biodiesel untuk tahun 2022 sebesar 100.000 ton /tahun atau 303,303 ton/hari atau 303.303 kg/hari. Diasumsika Untuk menentukan perhitungan neraca massa, maka dibutuhkan basis perhitungan. Basis perhitungan pada pabrik biodiesel dari biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) ini adalah sebagai berikut:

- Kapasitas produksi : 303.303 kg/hari
- Hari kerja per tahun : 330 hari kerja
- Jam kerja per hari : 24 jam
- Basis operasi : 1 jam operasi
- Suhu referensi : 25°C (298,15 K)
- Satuan operasi : kg/jam dan kcal

BAB III

SELEKSI DAN URAIAN PROSES

Biodiesel salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, tidak mempunyai efek terhadap kesehatan yang dapat dipakai sebagai bahan bakar alternatif pengganti petrodiesel yang terbuat dari bahan bakar fosil. Biodiesel adalah monoalkil ester dari minyak nabati ataupun lemak hewani. Minyak nabati merupakan bahan baku yang sangat potensial sebagai sumber biodiesel karena keberadaannya dapat diperbaharui. Dengan emisi terbakar yang hampir sama dengan petrodiesel. Pada **Tabel III.1** disajikan perbandingan biodiesel dengan petrodiesel.

(Arief Budiman, 2017)

III.1 Jenis-Jenis Proses

Dalam proses pembuatan Biodiesel yang berasal dari biji nyamplung, terdapat tiga proses utama, yaitu proses *pre-treatment*, proses ekstraksi minyak nyamplung, dan proses pembuatan biodiesel.

III.1.1 Proses *Pre-Treatment* Bahan Baku

III.1.1.1 Proses Pengepresan Mekanis

Pengepresan mekanis merupakan suatu cara kestraksi minyak atau lemak. Cara ini dilakukan untuk memisahkan minyak dari bahan yang berkadar minyak tinggi (30-70%). Pada pengepresan mekanis ini diperlukan perlakuan pendahuluan sebelum minyak atau lemak dipisahkan dari bijinya. Perlakuan pendahuluan tersebut mencakup pembuatan serpih, perajangan dan penggilingan serta *tempering* atau pemasakan. Dua cara yang umum dalam pengepresan mekanis yaitu pengepresan hidrolik (*hydraulic pressing*) dan pengepresan berulir (*screw pressing*).

Tabel III.1. Perbandingan Sifat Biodiesel dan Petrodiesel

Aspek	Biodiesel	Petrodiesel
Sifat Pembakaran	Lebih bersih	Menimbulkan polusi dan masalah kesehatan
Emisi CO₂	78% lebih rendah dibandingkan dengan petrodiesel	Emisinya sangat besar sehingga berkontribusi dalam pemanasan global
Sifat Pelumasan	Memiliki sifat pelumasan sehingga membersihkan bagian dalam mesin	Tidak memiliki sifat pelumasan
Angka Setana	Angka setana lebih tinggi sehingga lebih mudah di <i>starter</i>	Angka setana lebih rendah dibandingkan dengan biodiesel
Emisi padat dan gas buang	Menghasilkan lebih sedikit jelaga, CO, hidrokarbon tidak terbakar dan SO ₂	Mengemisikan kandungan sulfur yang tinggi dalam gas buang
Efek terhadap lingkungan	Tidak beracun, dapat diuraikan dan mengurangi efek tumpahan minyak bumi yang mencemari perairan	Sifat Biodegradabilitasnya lebih rendah dibandingkan biodiesel, pemicu efek gas rumah kaca

a. Pengepresan Hidrolik (*hydraulic pressing*)

Pada cara *hydraulic pressing*, bahan dipres dengan tekanan sekitar 2000 lb/in². Banyaknya minyak atau lemak yang dapat diekstraksi tergantung dari lamanya pengepresan, tekanan yang

digunakan serta kandungan minyak dalam bahan. Sedangkan banyaknya minyak yang tersisa pada bungkil bervariasi sekitar 4-6%, tergantung dari lamanya bungkil ditekan dibawah tekanan hidrolik (Estrada, 2007)

b. Pengpresan Berulir (*screw pressing*)

Pengepresan *screw pressing* memerlukan perlakuan pendahuluan yang terdiri dari proses pemasakan atau *tempering*. Proses pemasakan berlangsung pada temperatur 240°F dengan tekanan sekitar 15-20 ton/ in². Kadar air minyak atau lemak yang dihasilkan berkisar sekitar 2,5-3,5 %, sedangkan bungkil yang dihasilkan masih mengandung minyak sekitar 4-5 %. Cara lain untuk mengekstraksi minyak atau lemak dari bahan yang diduga mengandung minyak atau lemak adalah gabungan dari proses *wet rendering* dengan pengepresan secara mekanik atau dengan sentrifusi (Nurhayati, 2014).

III.1.1.2 Proses Ekstraksi dengan Solvent

Merupakan metode ekstraksi untuk mengambil senyawa atau komponen yang terkandung dalam bahan baku dengan menggunakan *solvent*. *Solvent* berfungsi untuk melarutkan kandungan minyak pada nyamplung. *Solvent* yang digunakan dalam proses ekstraksi minyak dari nyamplung adalah n-heksana. Nyamplung dikontakkan dengan solvent, secara *batch* atau kontinyu, dengan suhu dan waktu tertentu sehingga *solvent* dapat melarutkan seluruh minyak yang terkandung pada nyamplung.

III.1.2 Proses Pemurnian

Minyak nyamplung hasil ekstraksi (*Crude Calophyllum Inophyllum Oil*) atau minyak nyamplung kasar belum dapat digunakan sebagai biodiesel karena masih mengandung *wax*, FFA, monogliserol (MG), dan digliserol (DG). Selain itu, hasil dari pengepresan atau *rendering* mengandung bermacam-macam kotoran yang bukan gliserida. Sehingga masih perlu proses pemurnian, yang berguna untuk menghilangkan zat pengotor yang terdapat dalam minyak nyamplung.

III.1.2.1 Proses Pemurnian Secara Kimia

Proses Kimia merupakan proses yang umum digunakan di industri proses pemurnian minyak . Proses ini memiliki beberapa tahapan, sebagai berikut:

1. Tahap *Degumming*

Tahap ini bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran minyak seperti getah atau lendir-lendir yang terdiri dari fosfatida, protein, residu, karbohidrat, air dan resin, tanpa mengurangi jumlah asam lemak bebas dalam minyak supaya meringankan beban proses yang berpotensi untuk merusak gugus gliserida. Biasanya proses ini dilakukan dengan cara dehidraasi gum atau kotoran lain supaya lebih mudah terpisah dari minyak (Ketaren, 1986). Berdasarkan level hidrasinya, fosfolipid tersebut terbagi menjadi dua: *hydratable* dan *non-hydratable*. Fosfolipid jenis *hydratable* dapat dihilangkan dengan menambahkan air, sedangkan fosfolipid jenis *non-hydratable* dihilangkan dengan asam fosfat dan terkonversi menjadi *hydratable*.

2. Tahap Netralisasi

Proses netralisasi terjadi karena adanya gum dalam proses *Degumming* yang menimbulkan emulsi sabun dalam minyak yang lebih banyak. Dalam proses ini penambahan larutan basa encer seperti NaOH berguna untuk menetralkan dan menghilangkan asam lemak bebas (FFA).

3. Tahap *Bleaching*

Pada tahap *bleaching* atau pemucatan umumnya ditambah *bleaching earth* agar terjadi proses adsorpsi sehingga dapat mengurangi warna dan bau minyak, mereduksi bilangan peroksida dan bilangan asam serta meningkatkan bilangan penyabunan.

4. Tahap *Winterization / Dewaxing*.

Tahap ini hanya diaplikasikan ketika minyak hasil dari tahap sebelumnya masih belum jernih pada suhu

ruangan karena masih mengandung *wax* atau TG dalam minyak jenuh.

5. Tahap Deodorisasi

Tahap akhir dari proses pemurnian adalah proses deodorisasi yang merupakan tahapan penting dalam proses pemurnian minyak. Sejumlah kecil komponen yang mudah menguap (volatil) dihilangkan melalui proses penyulingan uap. Komponen-komponen tersebut erat kaitannya dengan masalah bau dan rasa dari minyak.

(*Rasyid, 2003*)

III.1.2.2 Proses Pemurnian Secara Fisika

Pada proses ini, seluruh tahapnya sama dengan proses secara kimia, namun tahapan utama yang membedakannya adalah tidak adanya tahap netralisasi menggunakan NaOH untuk menghilangkan FFA pada *crude oil*. Seluruh senyawa FFA dihilangkan hanya pada tahap deodorisasi hingga didapatkan tingkat kemurnian minyak yang tinggi.

III.1.2.3 Proses Ekstraksi *Multi Stage Batchwise Solvent*

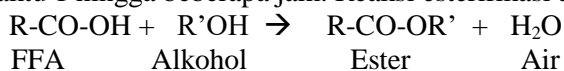
Proses Ekstraksi *Multi Stage Batchwise Solvent*, merupakan metode baru dalam proses pemurnian dan dapat digunakan untuk menurunkan kadar FFA yang terdapat dalam bahan baku. Untuk bahan baku yang digunakan *Crude Calophyllum Inophyllum Oil* (CCIO) terdapat dua jenis solvent yang dalam proses ini, yaitu *solvent* polar dan non-polar. Pemilihan kedua jenis solvent tersebut berdasarkan dari sifat polar dan non-polar yang dimiliki oleh senyawa-senyawa yang terkandung dalam bahan baku. *Solvent* non-polar melarutkan senyawa-senyawa non-polar, seperti hidrokarbon dan trigliserida, sehingga dihasilkan *non-polar lipids fraction* (NPLF). Sebaliknya, solvent polar melarutkan senyawa-senyawa polar sehingga dihasilkan *polar lipids fraction* (PLF). Trigliserida merupakan komponen utama pada biodiesel dan pada proses ini senyawa tersebut terkonsentrasi pada NPLF.

Proses pemurnian dengan metode ekstraksi dilakukan sebanyak 8 stages. Pada proses ekstraksi pertama (*Stage 1*) masih terdapat banyak senyawa polar yang larut dan terkonsentrasi di dalam NPLF. Oleh karena itu, untuk menghilangkan senyawa polar, perlu menggunakan 8 *stages*, sehingga didapatkan kemurnian TG yang tinggi, dan dilakukan pencucian dengan *solvent* polar agar dapat melarutkan senyawa polar dalam NPLF. Proses pencucian 8 *stages* menghasilkan bahan baku yang siap digunakan dalam proses pembentukan metil ester dengan tingkat kemurnian TG yang tinggi dan kadar FFA 0,35% dari hasil FFA (*Aparamarta, dkk. 2016*)

III.1.3 Proses Pembuatan Biodiesel

III.1.3.1. Esterifikasi

Esterifikasi adalah tahap konversi dari *free fatty acid* menjadi ester. Esterifikasi mereaksikan minyak lemak dengan alkohol. Katalis-katalis yang cocok adalah katalis bersifat asam kuat, seperti asam sulfat, asam sulfonat organik, atau resin penukar asam kuat lainnya yang merupakan katalis-katalis yang biasa terpilih dalam proses industri (*Soerawidjaja, 2006*). Untuk mendorong agar reaksi bisa berlangsung dengan konversi tinggi pada suhu rendah (misal paling tinggi 120°C), reaktan alkohol harus ditambahkan dalam jumlah yang berlebih dan kandungan air pada produk dapat bereaksi selanjutnya (reaksi saponifikasi) harus dihilangkan. Dengan perbandingan konsentrasi yang tepat dan kondisi operasi yang sesuai, konversi tinggi dapat didapatkan dalam waktu 1 hingga beberapa jam. Reaksi esterifikasi adalah:



Gambar III.1 Reaksi Esterifikasi

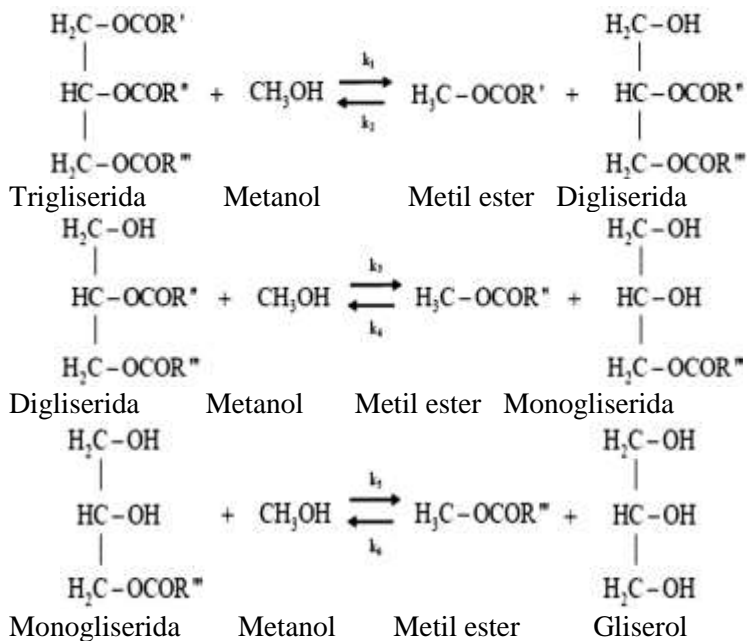
Esterifikasi biasa digunakan untuk membuat biodiesel dari minyak berkadar *free fatty acid* tinggi (berangka asam ≥ 5 mg-KOH/g). Pada tahap ini, *free fatty acid* akan dikonversikan menjadi metil ester. Tahap esterifikasi biasanya diikuti dengan tahap transesterifikasi. Namun sebelum produk esterifikasi

diumpankan ke tahap transesterifikasi, air dan sebagian besar katalis asam yang dikandungnya harus disingkirkan terlebih dahulu (*Destianna, 2007*).

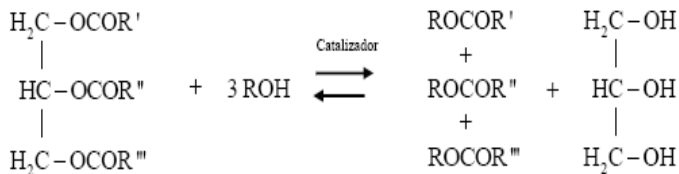
III.1.3.2 Transesterifikasi

Pada proses produksi biodiesel proses transesterifikasi terjadi dari berbagai jenis minyak. Trigliserida yang bereaksi dengan alkohol umumnya menggunakan metanol atau etanol, untuk menghasilkan ester dan gliserol. Dalam reaksi transesterifikasi, satu mol trigliserida bereaksi dengan tiga mol alkohol untuk membentuk satu mol gliserol dan tiga mol alkil-ester asam lemak melalui tiga reaksi *reversible* yang berurutan, dimana trigliserida diubah menjadi digliserida kemudian menjadi monogliserida. Gliserol dihasilkan sebagai *byproduct*. Setelah reaksi telah selesai, maka akan terbentuk dua fase: fase gliserin dan fase metil ester. Kedua fase dapat dipisahkan melalui dekantasi atau sentrifugasi. (*Monzanera, 2008*)

Kelebihan alkohol biasanya ditambahkan untuk memperbaiki reaksinya menuju produk yang diinginkan. Agar reaksi dapat terjadi, perlu ditambahkan katalis dalam proses. Reaksi transesterifikasi ini terpengaruh dengan jenis alkohol, rasio molar alkohol terhadap minyak, suhu, kemurnian reaktan dan jenis dan jumlah katalis. Berbagai jenis katalis digunakan, dari jenis dasar seperti natrium atau kalium hidroksida, asam seperti asam sulfat, ion pertukaran resin, lipase dan cairan superkritis. Untuk dasar katalis, baik natrium hidroksida (NaOH) atau kalium hidroksida (KOH) biasanya digunakan dengan metanol atau etanol dan juga jenis minyak, meskipun natrium dan kalium alkoksida seperti natrium metoksida, natrium etoksida, natrium propoksida, natrium butoksida telah diusulkan sebagai katalis alkali juga. Jenis alkoholnya adalah biasanya metanol dan etanol tetapi metanol paling sering digunakan karena biaya yang lebih rendah dan fisik dan kimia Keuntungan (polar dan rantai terpendek alkohol).



Gambar III.2 Tahapan Reaksi Tranesterifikasi



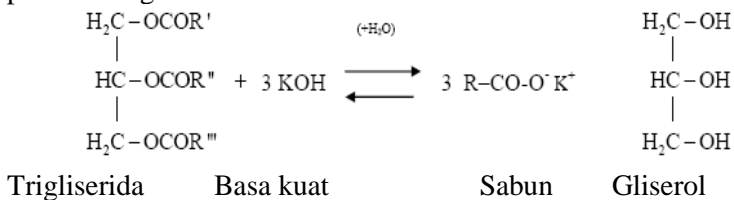
Gambar III.3 Reaksi Transesterifikasi

Terdapat beberapa tipe katalis yang dapat digunakan dalam reaksi transesterifikasi, . yaitu katalis basa, katalis asam, katalis heterogen (fase padat) juga dapat digunakan. Pilihan katalis lainnya adalah lipase sebagai katalis enzim (*Monzanera, 2008*).

a. Transesterifikasi dengan Katalis Basa

Transesterifikasi dengan katalis basa sering digunakan dalam proses industri untuk memproduksi biodiesel. Dalam proses transesterifikasi katalis basa, biasanya menghasilkan efisiensi reaksi yang lebih tinggi dan efek korosif yang lebih rendah daripada katalis asam. Basa-basa kuat seperti NaOH dan KOH sering digunakan sebagai katalis basa.

Dalam proses transesterifikasi katalis basa reaksi gliserida dan alkohol harus secara substansial anhidrat, apabila proporsi asam lemak yang terlalu tinggi akan menghambat reaksi. Apabila hal ini terjadi dapat menurunkan yield hasil reaksi serta sulit memisahkan produk, sehingga terjadilah reaksi parsial yaitu reaksi saponifikasi, yang menghasilkan sabun. Sabunnya habi katalis dan mengurangi aktivitas katalis, menyebabkan peningkatan viskositas, pembentukan gel dan kesulitan dalam pemisahan gliserol.



Gambar III.4 Reaksi Saponifikasi

Reaksi transesterifikasi masih dapat terjadi walaupun terjadi reaksi saponifikasi, tetapi jumlah katalis harus dilebihkan untuk mengganti katalis yang bereaksi membentuk sabun. Saat *free fatty acid* >5%, sabun dapat menghalangi pemisahan gliserol dan metil ester dan berpotensi membentuk emulsi selama proses pencucian dengan air.

Teknis reaksi transesterifikasi trigliserida dengan bantuan katalis basa adalah sebagai berikut:

1. Pada tahap pertama terjadi reaksi antara basa dan alkohol menghasilkan alkoksida dan katalis bermuatan proton.

2. Alkoksida kemudian menyerang gugus karbonil dari trigliserida sehingga menghasilkan *tetrahedral intermediate*.
3. Kemudian membentuk alkil ester dan digliserida.
4. Digliserida lalu bereaksi dengan molekul kedua dari alkohol, memulai lagi siklus katalitik lainnya. Digliserida dan monogliserida diubah menjadi campuran alkil dan gliserol dengan mekanisme yang sama.

Untuk katalis basa, katalis harus dijaga pada keadaan anhidrat. Kontak dengan udara terus menerus harus dihindari, karena keefektifan katalis akan berkurang karena kontak dengan kelembababan dan karbon dioksida. Biasanya, larutan natrium atau kalium metoksida dibuat dengan melarutkan natrium atau kalium hidroksida dalam metanol (Monzanera, 2008). Hidroksida logam alkali, seperti NaOH dan KOH, memberikan konversi yang tinggi (>98%) untuk konsentrasi yang rendah (konsentrasi 1-2% mol) dan harganya lebih murah (Schuchardt et al, 1998). Alkoksida, lainnya seperti kalsium etoksida juga dapat digunakan untuk produksi biodiesel, namun dibutuhkan jumlah alkohol dan katalis yang lebih banyak.

b. Transesterifikasi dengan Katalis Asam

Proses transesterifikasi katalis asam adalah metode kedua yang paling umum digunakan memproduksi biodiesel. Ini terdiri dari menggunakan asam sebagai katalis, baik katalis asam homogen atau katalis asam heterogen. Sebagai katalis asam homogen, kita menemukan senyawa seperti sulfat asam, asam klorida, asam sulfonat para-toluena, asam sulfonat, dan sebagainya. Meskipun, asam sulfat adalah katalis pilihan untuk reaksi semacam ini (Monzanera, 2008).

Beberapa penelitian mengusulkan agar katalis asam juga digunakan untuk *pretreatment* minyak sebagai langkah awal transesterifikasi. *Free fatty acid* diesterifikasi hingga kandungannya kurang dari 0,5%. Kemudian ditambahkan metanol dan katalis basa untuk menyelesaikan reaksi. Tetapi reaksi membutuhkan waktu lebih lama dari 24 jam sampai selesai. Sehingga kondisi operasi yang mungkin digunakan adalah

tiga puluh mol alkohol untuk membentuk satu mol gliserol. Selain itu, katalis asam tidak dianjurkan untuk pembuatan biodiesel pada skala makro (industri) karena sifatnya yang korosif (Freedman et al, 1984).

c. Transesterifikasi dengan Katalis Enzim

Aspek umum yang masih ditinjau dalam reaksi dengan katalis enzim adalah penentuan kondisi utama yang optimal (jenis mikroorganisme yang menghasilkan enzim, pH, suhu, dan pelarut) yang akan menjadi penopang dalam penyusunan karakteristik agar sesuai pada pengaplikasian proses skala industri. Tetapi permasalahan yang muncul pada kasus ini adalah *yield* yang dihasilkan masih rendah bila dilakukan perbandingan dengan proses transesterifikasi dengan menggunakan katalis basa (Schuchardt et al, 1998).

Katalis enzim seperti lipase, mampu mengkatalisasi reaksi transesterifikasi trigliserida. Katalis enzim memiliki kelebihan yaitu dapat digunakan kembali dan gliserol mudah dipisahkan. *Free fatty acid* dikonversi menjadi ester. Kerja katalis enzim tidak terhambat dengan adanya kandungan air. Namun, enzim menjadi tidak aktif karena adanya kelebihan metanol dan gliserol pada enzim yang tidak bergerak (*immobilized*). Kerugian utama dari katalis enzim adalah harganya yang mahal. Lipase lebih mahal dibandingkan dengan katalis basa dan katalis asam (Ramos, 2012).

III.2 Seleksi Proses

Pada subbab sebelumnya telah dijelaskan beberapa tahapan yang digunakan dalam proses produksi Biodiesel. Didalam Perancangan pabrik biodiesel dari biji nyamplung (*Calophyllum Inophyllum*) akan digunakan beberapa proses. Tahap pertama adalah proses *pre-treatment* yang terdiri dari dua macam yaitu pengepresan mekanik dan ekstraksi dengan menggunakan pelarut. Pengepresan mekanik terbagi menjadi dua cara, yaitu pengepresan hidrolik dan pengepresan berulir.

Tabel III.2 Seleksi Proses *Pre-Treatment*

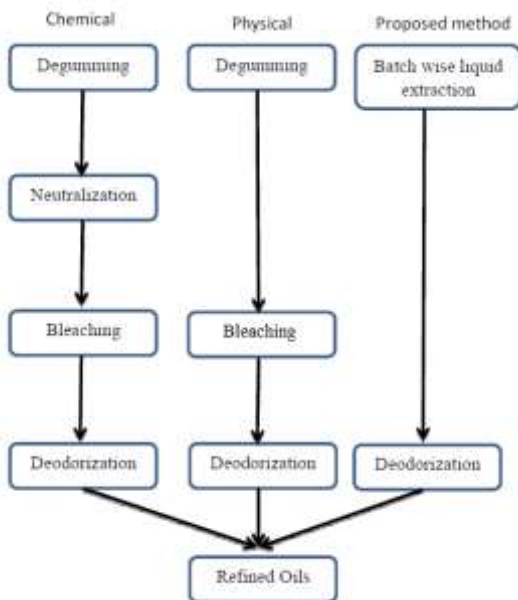
Kriteria	Pengepresan <i>Hydraulic</i>	Pengepresan Berulir	Ekstraksi dengan Solvent
Segi Ekonomi	Murah	Murah	Mahal
Waktu	Cepat	Cepat	Lama
Sisa Minyak di Ampas	6%	4%	1 %
Bungkil Terikut	5%	2%	0%

(Estrada, 2007)

Dari proses yang telah diuraikan diatas, pra desain pabrik ini pada tahap *pre-treatment* menggunakan proses pengepresan berulir (*expeller pressing*). Menurut Nurhayati (2014), pengepresan berulir merupakan metode ekstraksi yang lebih maju dan telah diterapkan di industri pengolahan minyak. Cara ekstraksi ini paling sesuai untuk memisahkan minyak dari bahan yang kadar minyaknya di atas 10%. Pengepresan dengan pengepresan berulir memiliki beberapa kelebihan, yaitu :

- Kapasitas produksi menjadi lebih besar karena proses pengepresan dapat dilakukan secara kontinyu.
- Menghemat waktu proses produksi karena tidak diperlukan perlakuan pendahuluan, yaitu pengecilan ukuran dan pemasakan/pemanasan.
- Rendemen yang dihasilkan lebih tinggi

Pada tahap pemurnian digunakan metode ekstraksi multi *stage batchwise solvent* Metode ini dipilih karena mampu menghasilkan minyak goreng nyamplung dengan kemurnian yang tinggi dan biaya operasi lebih rendah dibandingkan metode lainnya. Berikut perbandingan metode pemurnian yang digunakan dalam proses pemurnian:



Gambar II.5 Perbandingan Proses Pemurnian *Crude Calophyllum Inophyllum Oil (CCIO)*

Tabel III.3 Seleksi Proses Pemurnian

Kriteria	Secara Kimia	Secara Fisika	Ekstraksi <i>Batch-wise</i>
Yield	Menghasilkan Trigliserida lebih rendah dari Fisika dan <i>Batch-wise</i>	Menghasilkan Trigliserida tinggi	Menghasilkan Trigliserida tinggi
Kadar FFA akhir	Rendah	Rendah	Rendah
<i>Operating cost</i>	Mahal	Mahal	Murah

(Aparamarta, dkk. 2016)

Berdasarkan beberapa proses pemurnian diatas maka dipilih proses Ekstraksi *Multi Stage Batchwise Solvent*. Pada proses Ekstraksi *Multi Stage Batchwise Solvent*, proses berguna untuk menurunkan kadar FFA yang terdapat dalam *Crude Calophyllum Inophyllum Oil* (CCIO), serta menghasilkan nilai trigliserida yang tinggi hingga mencapai 99,83% (Aparamarta, dkk. 2016) dalam proses pemurniannya. Komponen dasar biodiesel menurut Ketaren (1986) adalah ester yang tersusun dari asam lemak yang terkandung dalam minyak nabati dan unsur yang paling banyak dalam minyak nabati adalah unsur trigliserida.

Pada proses pembuatan biodiesel digunakan proses satu tahap (*Single stage*) merupakan proses pembuatan biodiesel yang hanya menggunakan satu stage (reaktor) untuk mengubah trygliserida menjadi alkyl ester (biodiesel). Kadar FFA yang didapat setelah proses pemurnian minyak nyamplung adalah 0,35% (Aparamarta, dkk. 2016). Komponen dasar biodiesel

menurut Ketaren (1986) adalah ester yang tersusun dari asam lemak yang terkandung dalam minyak nabati dan unsur yang paling banyak dalam minyak nabati adalah unsur trigliserida. Metode yang paling cepat untuk mengubah asam lemak menjadi ester adalah reaksi transesterifikasi katalis alkali. Konversi asam lemak menjadi ester dengan katalis alkali akan mengalami hambatan jika bahan baku yang digunakan menggunakan FFA, sebab katalis alkali akan bereaksi dengan FFA membentuk proses penyabunan. Oleh karena itu sebelum dilakukan proses transesterifikasi, maka dilakukan proses pemurnian dengan Ekstraksi Multi Stage Batchwise Solvent sehingga kadar FFA <2%, serta menaikkan nilai trigliserida. Proses ini menghindari proses penyabunan.

Berdasarkan beberapa proses pemurnian diatas maka dipilih proses Ekstraksi Multi Stage Batchwise Solvent Sedangkan tahap kedua merupakan tahapan mengkonversi trigliserida menjadi metil ester (biodiesel) yang digunakan merupakan transesterifikasi dengan katalis basa sebab dalam proses pembentukan trigliserida menjadi biodiesel memiliki konversi yang tinggi, waktu dalam proses reaksi cepat, serta harga relatif murah dibandingkan dengan menggunakan katalis asam. proses transesterifikasi mengkonversi gliserida dengan bantuan katalis basa kuat (NaOCH_3) menjadi biodiesel dengan produk samping gliserin. Katalis NaOCH_3 dipilih karena tersedia dalam jumlah banyak, mudah didapat, murah, dan menghasilkan konversi biodiesel yang tinggi. Reaksi ini juga berlangsung pada tekanan dan suhu yang rendah serta menghasilkan yield Biodiesel yang tinggi.

Tabel III.4 Seleksi Proses Produksi Metil Ester (Biodiesel)

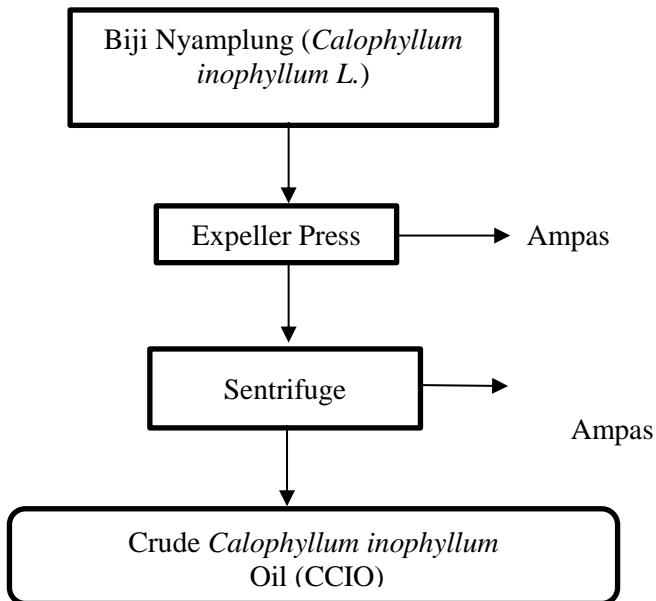
Keterangan	Esterifikasi langsung dari FFA	Trans-esterifikasi dengan katalis basa	Transesterifikasi dengan katalis asam	Transesterifikasi dengan katalis enzim
Bahan Baku	Asam lemak bebas (FFA) tinggi	Trigliserida berkemurnian tinggi	Trigliserida berkemurnian rendah	Biasanya merupakan zat lipase
Konversi biodiesel	Konversi tinggi	Konversi tinggi	Konversi rendah	Lebih tinggi dari pada yang lain
Waktu reaksi	Cepat	Cepat	Lambat	Cepat
Suhu (°C)	55-80	60-70	55-80	30-40
Biaya produksi	Relatif Murah	Relatif Murah	Relatif Murah	Mahal
Kekurangan	Reaksi berjalan lambat untuk Trigliserida	Dapat terjadi reaksi penyabunan jika kandungan FFA tinggi	Reaksi kurang sempurna sehingga konversi yang dihasilkan rendah	Biaya yang digunakan sangat mahal sekali

(Monzanera, 2008).

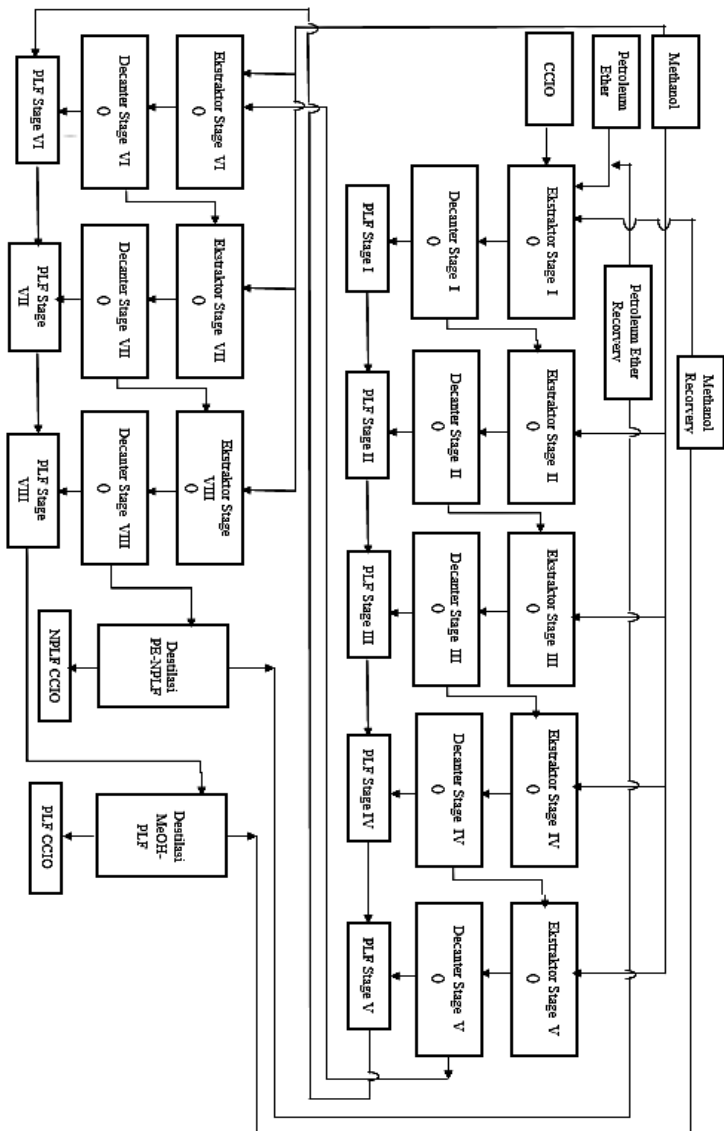
III.3 Uraian Proses

Proses produksi dalam pabrik biodiesel dari biji nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) ini terbagi menjadi tiga tahap utama:

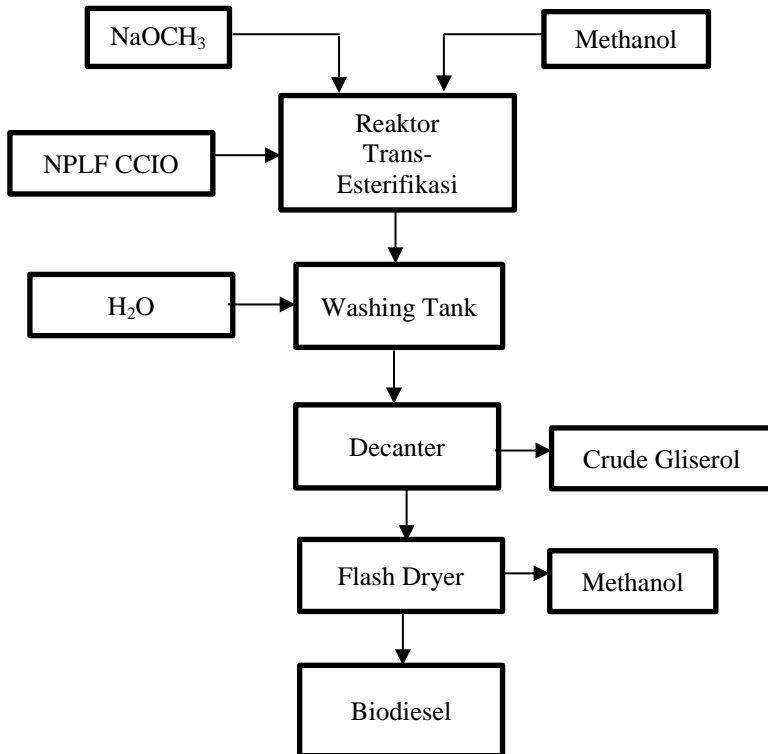
- Tahap *pre-treatment*
- Tahap pemurnian
- Tahap pembuatan biodiesel



Gambar III.6 Diagram Blok Proses *Pre-treatment*



Gambar III.7 Diagram Blok Proses Pemurnian



Gambar III.8 Diagram Blok Proses Pembuatan Biodiesel

III.3.1 Tahap *Pre-Treatment*

Pada persiapan bahan baku biji nyamplung yang akan digunakan sebelum melakukan proses pengepresan mekanis biji nyamplung dilakukan *tempering* atau pemasakan karena masih banyaknya air pada biji dapat menghambat proses ekstraksi minyak, oleh karena itu perlu dikurangi hingga mencapai 7%. (Nurhayati, 2014). Proses pemasakan dilakukan di rotary dryer. Setelah itu, biji

nyamplung masuk melalui silo dan dialirkan menuju *screw press* dengan menggunakan *screw conveyor*, untuk kemudian diambil minyaknya. Ekstraksi yang dilakukan adalah dengan cara pengepresan mekanis. Minyak yang dihasilkan dari proses ekstraksi menggunakan pengepresan mekanis ini adalah 1 L untuk 2-2,5 kg biji nyamplung.

Sebelum masuk ke tahap pemurnian minyak hasil ekstraksi disaring terlebih dahulu Minyak hasil masih perlu untuk dilakukan penyaringan. Dalam penyaringan ini bertujuan untuk menghilangkan impurities (sisa ampas) yang masih terikut dalam minyak nyamplung (*crude Calophyllum inophyllum oil*).

III.3.2 Tahap Pemurnian

Minyak nyamplung (*crude Calophyllum inophyllum oil*) setelah melalui penyaringan, selanjutnya memasuki tahap pemurnian. *Crude Calophyllum inophyllum oil* mengandung triasilgliserol (TG), diasilgliserol (DAG), monoasilgliserol (MAG), asam lemak bebas (*free fatty acid* atau FFA), dan senyawa lainnya. Agar bisa digunakan menjadi biodiesel kadar FFA dalam minyak harus kurang dari 2%. Tahap pemurnian bertujuan untuk mengurangi kadar FFA menjadi kurang dari 2%. Pada tahap ini, pemurnian dilakukan dengan cara *multis stage batchwise extraction* yaitu ekstraksi menggunakan solvent polar dan non-polar, untuk memisahkan senyawa polar dan non-polar yang terdapat dalam *crude Calophyllum inophyllum oil*, sehingga didapatkan dua fraksi, polar dan non-polar. Senyawa yang termasuk non-polar antara lain TG, DAG, MAG, sedangkan senyawa yang termasuk polar antara FFA, dan senyawa lainnya. Solvent yang digunakan dalam tahap ini adalah metanol (solvent polar) dan petroleum ether (solvent non-polar).

Multi stage batchwise extraction terbagi menjadi dua tahap, *single-stage extraction* dan *multis stage solvent extraction (batchwise solvent extraction)*. Pada tahap *single-stage extraction*, *crude Calophyllum inophyllum oil* akan dipisahkan menjadi dua fraksi, polar dan non-polar. Perbandingan solvent polar dan non-polar yang digunakan adalah 1:3, atau 25% metanol dan 75% petroleum ether. Rasio kebutuhan solvent (campuran metanol dan petroleum ether) terhadap *crude Calophyllum inophyllum oil* adalah 6:1. Di dalam tangki ekstraksi, *crude Calophyllum inophyllum oil* akan dicampur dengan solvent metanol dan petroleum ether dan diaduk selama 30 menit dengan kecepatan 300 rpm pada suhu dan tekanan ruangan. Setelah pengadukan selesai, campuran minyak dengan solvent akan dialirkan menuju *decanter* untuk pemisahan kedua fraksi. Senyawa non-polar terdapat pada fraksi bagian atas dan senyawa polar terdapat pada fraksi bagian bawah. Setelah pemisahan selesai, ekstrak yang berupa senyawa non-polar akan memasuki tahap selanjutnya yaitu *batchwise extraction*.

Pada tahap ini, senyawa non-polar diekstrak kembali menggunakan metanol pada suhu dan tekanan ruangan. Ekstraksi dilakukan dalam 8 tahap (8 *stages*) agar diperoleh kadar TG yang tinggi. Hasil dari ekstraksi 8 tahap tersebut berupa senyawa non-polar (yang merupakan *refined Calophyllum inophyllum oil*) dan senyawa polar yang merupakan ekstrak metanol. Dari proses permurnian tersebut, didapatkan minyak nyamplung dengan kadar TG sebesar 98,53% dan kadar FFA 0,35%. Minyak selanjutnya dimasukkan ke dalam kolom distilasi untuk memisahkan solvent (petroleum ether) dari minyak.

Tabel III.5 Komposisi minyak biji nyamplung tiap stage (%)

Stage	TAG	DAG	MAG	FFA	Lainnya
1	93,32± 3,05	2,94± 0,97	1,76± 1,37	1,66± 0,53	0,31± 0,22
2	91,30± 4,54	2,83± 0,99	1,01± 0,72	1,13± 0,18	3,72± 2,71
3	91,71± 4,67	2,44± 0,75	0,91± 0,66	0,79± 0,08	4,15± 3,27
4	93,87± 3,23	1,91± 0,60	0,79± 0,57	0,71± 0,10	2,72± 2,00
5	96,39± 2,09	1,09± 0,78	0,52± 0,41	0,62± 0,17	1,28± 0,75
6	97,70± 1,45	0,54± 0,34	0,47± 0,34	0,50± 0,25	0,80± 0,52
7	98,20± 1,11	0,43± 0,28	0,26± 0,20	0,44± 0,21	0,67± 0,42
8	98,53± 0,97	0,42± 0,30	0,06± 0,03	0,35± 0,20	0,64± 0,44

(Aparamarta, dkk. 2016).

Proses distilasi dilakukan pada tekanan 1 atm dan suhu 70°C, untuk mencapai suhu operasi maka dibutuhkan heat exchanger untuk memanasi fraksi NPLF dan solvent sebelum dipisahkan di kolom distilasi. Pada kolom distilasi terjadi pemisahan antara NPLF dengan solvent petroleum ether. NPLF yang telah dipisahkan, dapat diolah menjadi biodiesel

III.3.3 Tahap Pembuatan Biodiesel

NPLF yang telah diolah kemudian diolah menjadi biodiesel (metil ester) dengan menggunakan proses transesterifikasi, menghasilkan produk biodiesel hingga

99%. Bila bahan baku yang digunakan adalah minyak mentah yang mengandung kadar asam lemak bebas tinggi, yakni lebih dari 3%, maka perlu dilakukan esterifikasi untuk menurunkan menjadi kurang dari 3%.

Proses transesterifikasi terhadap minyak NPLF, menggunakan natrium metilate (NaOCH_3) ditambahkan sebanyak 1,5% wt dari minyak NPLF. Produk transesterifikasi dilarutkan dalam metanol dengan perbandingan metanol:NPLF teresterifikasi adalah 6:1. Penambahan metanol berlebih ini supaya reaksi tidak berbalik ke kiri. Proses transesterifikasi dilakukan pada suhu 60°C dan tekanan 1 atm dengan waktu pengadukan 60 menit. Reaksi transesterifikasi juga dilakukan dalam tangki berpengaduk. Keberadaan pengaduk ini penting untuk memastikan terjadinya reaksi di seluruh bagian reaktor. Produk dari transesterifikasi kemudian masuk ke dalam tangki pencucian (*Washing Tank*) yang berguna mencuci zat-zat pengotor sisa reaksi transesterifikasi dengan menggunakan air pada suhu 60°C (*PT. Wilmar Nabati Indonesia*). Setelah itu dilakukan pemisahan menggunakan dekanter yang akan memisahkan campuran berdasarkan densitasnya dialirkan dalam dekanter untuk dipisahkan menjadi dua lapisan akan berupa fasa metil ester (metil ester, minyak yang tidak bereaksi, metanol) dan fasa gliserol (gliserol, metanol, dan sodium metilate).

Kemudian fame masuk ke tahap pemurnian biodiesel ini menggunakan decanter, *washing tank*, flash tank. Campuran kaya metil ester, dialirkan ke *heater* untuk dipanaskan sebelum masuk ke *flash tank* untuk menghilangkan kadar air dan metanol yang masih terkandung. Sedangkan lapisan lain dari decanter (gliserol, metanol, dan sodium hidroksida, dan minyak yang tidak

bereaksi) dialirkan ke tangki penampung untuk diolah lebih lanjut. Kemudian biodiesel yang mengandung air dipanaskan menggunakan *heater* pada suhu 130°C agar air dapat menguap dan sisa metanol menguap seluruhnya, setelah itu biodiesel diumpankan ke dalam *flash tank* sehingga air dan metanol yang terkandung dalam biodiesel akan menguap dan uap air dan metanol diumpankan ke dalam *condenser* untuk diubah menjadi fasa cair, sehingga dihasilkan produk biodiesel dengan kandungan air < 0,25% sesuai dengan standar SNI.

Lapisan bawah dari dekanter (gliserol, metanol, dan sodium hidroksida, dan minyak yang tidak bereaksi) masuk ke kolom distilasi untuk mendapatkan metanol recovery yang mempunyai kadar 99%. Metanol yang telah teruapkan kemudian dikondensasikan menggunakan kondenser dari suhu 64,95°C menjadi 30°C dan dialirkan kembali ke tangki penyimpanan metanol untuk digunakan kembali pada proses selanjutnya. Hasil lain dari kolom distilasi yaitu air, gliserol, NPLF sisa dialirkan ke tangki penampung *crude gliserol* untuk diolah menjadi gliserol lebih lanjut.

BAB IV
NERACA MASSA DAN ENERGI

IV.1 Neraca Massa

Kapasitas Produksi	=100.000,0	ton/thn
	=12.626,3	kg/jam
Lama operasi	=330,0	hari/thn
Kebutuhan Buah	=293.190,5	ton/thn
Nyamplung	=888.456,2	kg/hari
	=37.019,0	kg/jam

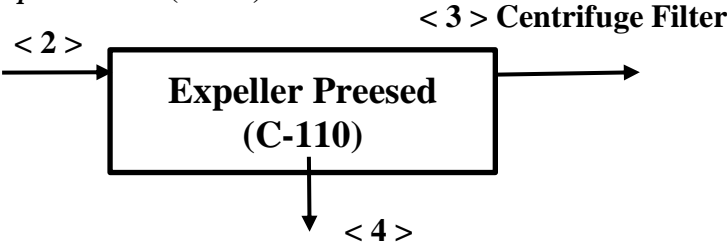
1. Belt Conveyor (J-112)



Tabel IV.1 Neraca Massa *Belt Conveyor* (J-112)

Aliran masuk		Aliran keluar	
Aliran < 1 >		Aliran < 2 >	
Komponen	Massa, Kg	Komponen	Massa, Kg
Buah		Buah	
Nyamplung	37.019,0	Nyamplung	37.019,0
Total	37.019,0	Total	37.019,0

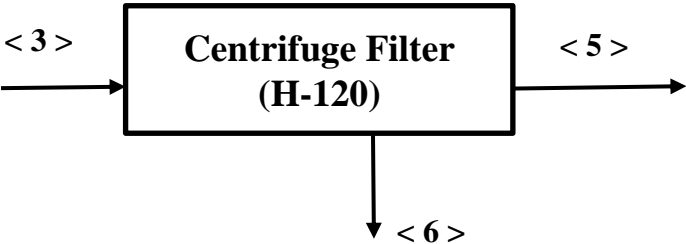
2. Oil Expeller Press (C-110)



Tabel IV.2 Neraca Massa *Expeller Press* (C-110)

Aliran masuk			Aliran keluar		
aliran < 2 >			Aliran < 3 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
Minyak	60,2	22.285,4	Minyak	75,2	17.828,4
Air	19,7	7.307,6	Air	15,4	3.653,8
Ampas	20,1	7.426,0	Ampas	9,4	2.227,8
Jumlah	100	37.019,0	Jumlah	100	23.709,9
			Aliran < 4 >		
			Komponen	%massa	Massa, Kg
			Minyak	33,5	4.457,1
			Air	27,5	3.653,8
			Ampas	39,1	5.198,2
			Jumlah	100	13.309,1
Total	37.019,0		Total	37.019,0	

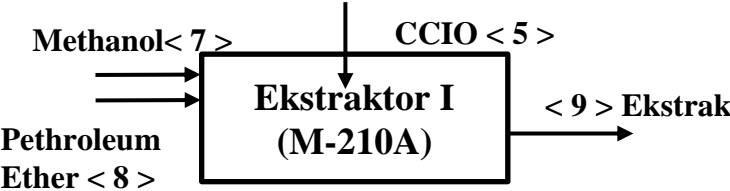
3. Centrifuge Filter (H-120)



Tabel IV.3 Neraca Massa *Centrifuge Filter* (H-120)

Aliran keluar			Aliran keluar		
Aliran < 3 >			Aliran < 5 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
Minyak	75,2	17.828,4	Minyak	100,0	17.828,4
Air	15,4	3.653,8	Air	0,0	0,0
Ampas	9,4	2.227,8	Ampas	0,0	0,0
Jumlah	100	23.709,9	Jumlah	100	17.828,4
			Aliran < 6 >		
			Komponen	%massa	Massa, Kg
			Minyak	0,0	0,0
			Air	62,1	3.653,8
			Ampas	37,9	2.227,8
			Jumlah	100,0	5.881,6
Total	23.709,9		Total	23.709,9	

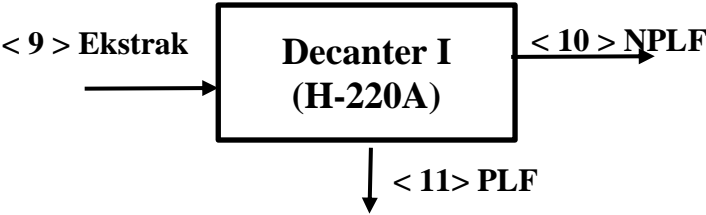
4. Ekstraktor Stage I (M-210A)



Tabel IV.4 Neraca Massa Ekstraktor Stage I (M-210A)

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 5>			Aliran < 9 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
TAG	78,30	13.959,6	TAG	13,05	13.959,6
DAG	5,35	953,8	DAG	0,89	953,8
MAG	2,75	490,3	MAG	0,46	490,3
FFA	8,51	1.517,2	FFA	1,42	1.517,2
Impurities	5,09	907,5	Impurities	0,85	907,5
Jumlah	100	17.828,4	Metanol	20,83	22.285,4
Aliran < 7 >			Petroleum Eter	62,50	66.856,3
Metanol	100	22.285,4	Jumlah	100	106.970,1
Jumlah	22.285,4				
Aliran < 8 >					
Petroleum Eter	100	66.856,3			
Jumlah	66.856,3				
Total	106.970,1		Total	106.970,1	

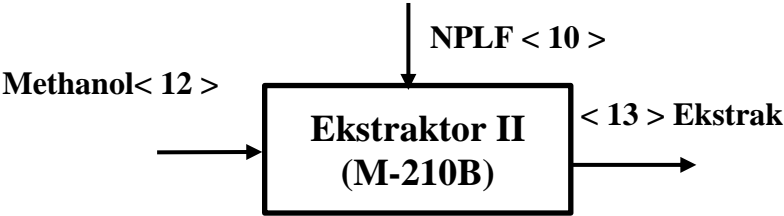
5. Decanter Stage I (H-220A)



Tabel IV.5 Neraca Massa *Decanter Stage I* (H-220A)

Komponen	Aliran masuk		Aliran keluar			
	Aliran < 9 >		Aliran < 10 >		Aliran < 11 >	
	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg
TAG	13,05	13.959,6	16,63	13.642,7	1,27	316,9
DAG	0,89	953,8	0,52	429,8	2,10	524,0
MAG	0,46	490,3	0,31	257,3	0,93	233,0
FFA	1,42	1.517,2	0,30	244,1	5,10	1.273,1
Impurities	0,85	907,5	0,71	584,8	1,29	322,7
Metanol	20,83	22.285,4	0,00	0,0	89,30	22.285,4
Petroleum ether	62,50	66.856,3	81,52	66.856,3	0,00	0,0
Jumlah	100	106.970	100	82.015	100	24.955,1
Total	106.970,1		106.970,1			

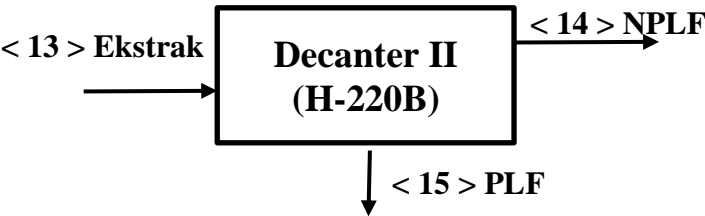
6. Ekstraktor Stage II (M-210B)



Tabel IV.6 Neraca Massa Ekstraktor *Stage II* (M-210B)

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 10 >			Aliran < 13 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
TAG	16,63	13.642,7	TAG	8,65	13.642,7
DAG	0,52	429,8	DAG	0,27	429,8
MAG	0,31	257,3	MAG	0,16	257,3
FFA	0,30	244,1	FFA	0,15	244,1
Impurities	0,71	584,8	Impurities	0,37	584,8
Metanol	0,00	0,0	Metanol	48,03	75.793,5
Petroleum Eter	81,52	66.856,3	Petroleum Eter	42,37	66.856,3
Jumlah	100	82.015	Jumlah	100	157.808,5
Aliran < 12>					
Metanol	100	75.793,5			
Jumlah	75.793,5				
Total	157.808,5		Total	157.808,5	

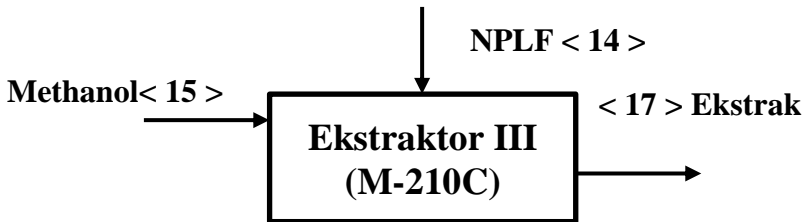
7. Decanter Stage II (H-220B)



Tabel IV.7 Neraca Massa *Decanter Stage II* (H-220B)

Komponen	Aliran masuk		Aliran keluar			
	Aliran < 13 >		Aliran < 14 >		Aliran < 15 >	
	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg
TAG	8,6	13.642,7	16,6	13.563,1	0,1	79,6
DAG	0,3	429,8	0,5	420,4	0,0	9,4
MAG	0,2	257,3	0,2	150,0	0,1	107,3
FFA	0,2	244,1	0,2	169,4	0,1	74,8
Impurities	0,4	584,8	0,5	409,3	0,2	175,4
Metanol	48,0	75.793,5	0,0	0,0	99,4	75.793,5
Petroleum ether	42,4	66.856,3	82,0	66.856,3	0,0	0,0
Jumlah	100,0	157.809	100,0	81.569	100,0	76.240,0
Total	157.808,5		157.808,5			

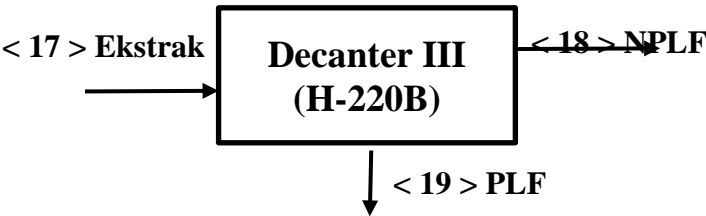
8. Ekstraktor *Stage III* (M-210C)



Tabel IV.8 Neraca Massa Ekstraktor *Stage III* (M-210C)

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 14 >			Aliran < 17 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
TAG	16,63	13.563,1	TAG	8,74	13.563,1
DAG	0,52	420,4	DAG	0,27	420,4
MAG	0,18	150,0	MAG	0,10	150,0
FFA	0,21	169,4	FFA	0,11	169,4
Impurities	0,50	409,3	Impurities	0,26	409,3
Metanol	0,00	0,0	Metanol	47,42	73.561,2
Petroleum Eter	81,96	66.856,3	Petroleum Eter	43,10	66.856,3
Komponen	100	81.568,6	Jumlah	100	155.129,8
Aliran < 15 >					
Metanol	100,0	73.561,2			
Jumlah	73.561,2				
Total	155.129,8		Total	155.129,8	

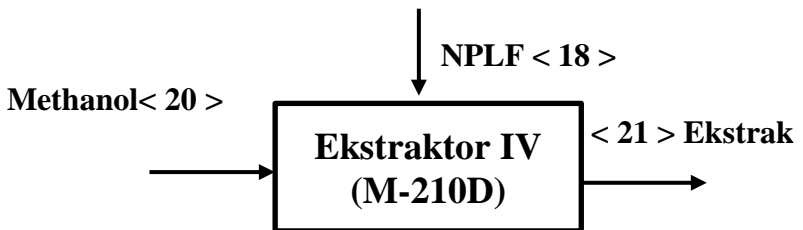
9. Decanter Stage III (H-220C)



Tabel IV.9 Neraca Massa *Decanter Stage III* (H-220C)

Komponen	Aliran masuk		Aliran keluar			
	Aliran < 17 >		Aliran < 18 >		Aliran < 19 >	
	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg
TAG	8,74	13.563,1	16,48	13.357,7	0,28	205,4
DAG	0,27	420,4	0,44	355,4	0,09	65,0
MAG	0,10	150,0	0,16	132,5	0,02	17,5
FFA	0,11	169,4	0,14	115,1	0,07	54,3
Impurities	0,26	409,3	0,30	245,6	0,22	163,7
Metanol	47,42	73.561,2	0,00	0,0	99,32	73.561,2
Petroleum ether	43,10	66.856,3	82,47	66.856,3	0,00	0,0
Jumlah	100	155.130	100	81.063	100	74.067,2
Total	155.129,8		Total	155.129,8		

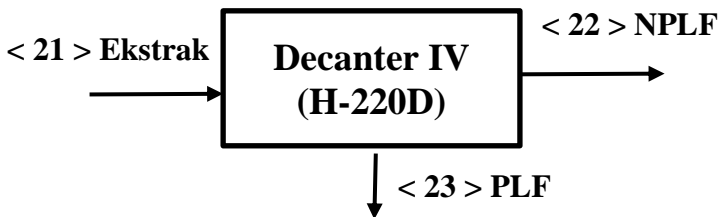
10. Ekstraktor *Stage IV*(M-210D)



Tabel IV.10 Neraca Massa Ekstraktor *Stage IV* (M-210D)

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 18 >			Aliran < 21 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
TAG	16,48	13.357,7	TAG	8,78	13.357,7
DAG	0,44	355,4	DAG	0,23	355,4
MAG	0,16	132,5	MAG	0,09	132,5
FFA	0,14	115,1	FFA	0,08	115,1
Impurities	0,30	245,6	Impurities	0,16	245,6
Metanol	0,00	0,0	Metanol	46,70	71.031,3
Petroleum Eter	82,47	66.856,3	Petroleum Eter	43,96	66.856,3
Jumlah	100	81.063	Jumlah	100	152.093,9
Aliran < 20 >					
Metanol	100	71.031,3			
Jumlah	71.031,3				
Total	152.093,9		Total	152.093,9	

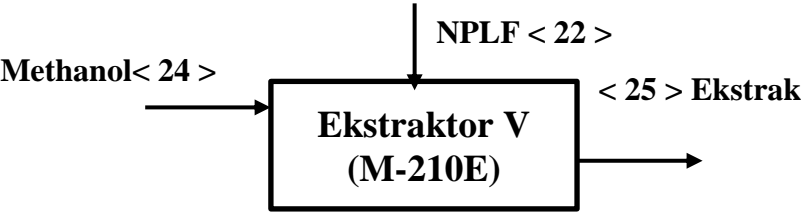
11. Decanter Stage IV (H-220D)



Tabel IV.11 Neraca Massa *Decanter Stage IV* (H-220D)

Komponen	Aliran masuk		Aliran keluar			
	Aliran < 21 >		Aliran < 22 >		Aliran < 23 >	
	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg
TAG	8,78	13.357,7	16,38	13.202,1	0,22	155,6
DAG	0,23	355,4	0,33	268,6	0,12	86,8
MAG	0,09	132,5	0,14	111,1	0,03	21,4
FFA	0,08	115,1	0,12	99,9	0,02	15,2
Impurities	0,16	245,6	0,09	73,7	0,24	171,9
Metanol	46,70	71.031,3	0,00	0,0	99,37	71.031,3
Petroleum ether	43,96	66.856,3	82,94	66.856,3	0,00	0,0
Jumlah	100,0	152.094	100,0	80.612	100,0	71.482,3
Total	152.093,9		Total		152.093,9	

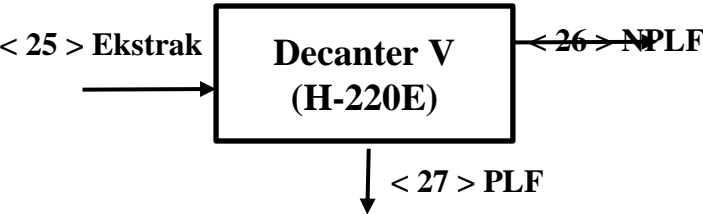
12. Ekstraktor Stage V (M-210E)



Tabel IV.12 Neraca Massa Ekstraktor *Stage V* (M-210E)

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 22 >			Aliran < 25 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
TAG	16,4	13.202,1	TAG	8,8	13.202,1
DAG	0,3	268,6	DAG	0,2	268,6
MAG	0,1	111,1	MAG	0,1	111,1
FFA	0,1	99,9	FFA	0,1	99,9
Impurities	0,1	73,7	Impurities	0,0	73,7
Metanol	0,0	0,0	Metanol	46,0	68.776,7
Petroleum Eter	82,9	66.856,3	Petroleum Eter	44,8	66.856,3
Jumlah	100,0	80.612	Jumlah	100,0	149.388,4
Aliran < 24 >					
Metanol	100,0	68.776,7			
Jumlah	68.776,7				
Total	149.388,4		Total	149.388,4	

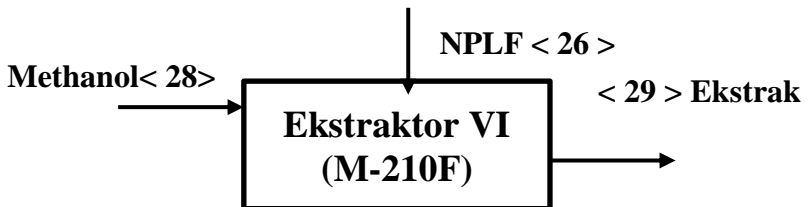
13. Decanter Stage V (H-220E)



Tabel IV.13 Neraca Massa *Decanter Stage V (H-220E)*

Komponen	Aliran masuk		Aliran keluar			
	Aliran < 25 >		Aliran < 26 >		Aliran < 27 >	
	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg
TAG	8,84	13.202,1	16,14	12.931,3	0,39	270,8
DAG	0,18	268,6	0,18	146,2	0,18	122,4
MAG	0,07	111,1	0,09	69,8	0,06	41,3
FFA	0,07	99,9	0,10	83,2	0,02	16,7
Impurities	0,05	73,7	0,03	22,1	0,07	51,6
Metanol	46,04	68.776,7	0,00	0,0	99,27	68.776,7
Petroleum ether	44,75	66.856,3	83,46	66.856,3	0,00	0,0
Jumlah	100	149.388	100	80.109	100	69.279,5
Total	149.388,4		Total		149.388,4	

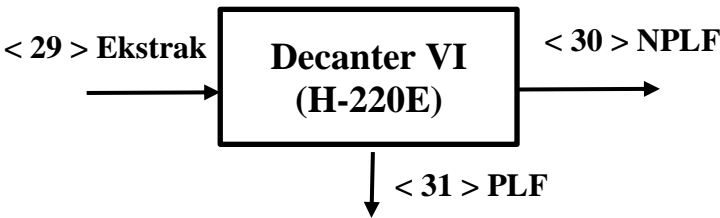
14. Ekstraktor *Stage VI*(M-210F)



Tabel IV.14 Neraca Massa Ekstraktor *Stage VI (M-210F)*

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 26 >			Aliran < 29 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
TAG	16,14	12.931,3	TAG	8,83	12.931,3
DAG	0,18	146,2	DAG	0,10	146,2
MAG	0,09	69,8	MAG	0,05	69,8
FFA	0,10	83,2	FFA	0,06	83,2
Impurities	0,03	22,1	Impurities	0,02	22,1
Metanol	0,00	0,0	Metanol	45,27	66.262,8
Petroleum Eter	83,46	66.856,3	Petroleum Eter	45,68	66.856,3
Jumlah	100	80.109	Jumlah	100	146.371,6
Aliran < 28 >					
Metanol	100,0	66.262,8			
Jumlah	66.262,8				
Total	146.371,6		Total	146.371,6	

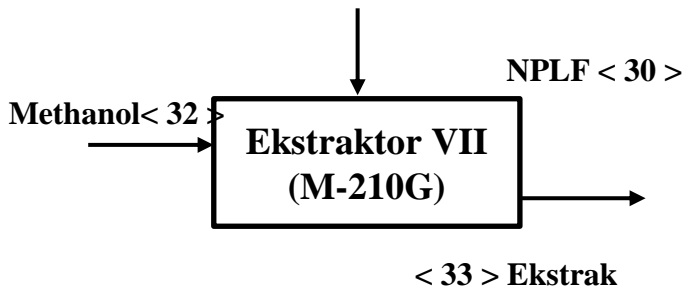
15. Decanter Stage VI (H-220E)



Tabel IV.15 Neraca Massa *Decanter Stage VI* (H-220F)

Komponen	Aliran masuk		Aliran keluar			
	Aliran < 29 >		Aliran < 30 >		Aliran < 31 >	
	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg
TAG	8,83	12.931,3	15,98	12.757,4	0,26	173,9
DAG	0,10	146,2	0,09	69,2	0,12	77,0
MAG	0,05	69,8	0,08	61,4	0,01	8,4
FFA	0,06	83,2	0,08	65,3	0,03	17,9
Impurities	0,02	22,1	0,01	4,4	0,03	17,7
Metanol	45,27	66.262,8	0,00	0,0	99,56	66.262,8
Petroleum ether	45,68	66.856,3	83,77	66.856,3	0,00	0,0
Jumlah	100	146.372	100	79.814	100	66.557,6
Total	146.371,6		Total		146.371,6	

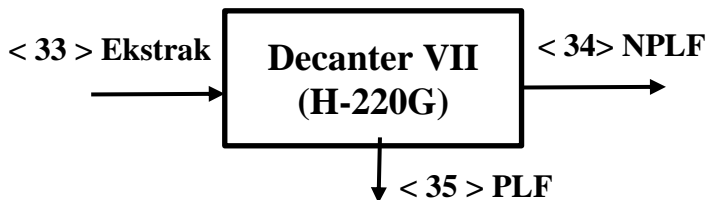
16. Ekstraktor *Stage VII*(M-210G)



Tabel IV.16 Neraca Massa Ekstraktor *Stage VII (M-210G)*

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 30 >			Aliran < 33 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
TAG	15,98	12.757,4	TAG	8,82	12.757,4
DAG	0,09	69,2	DAG	0,05	69,2
MAG	0,08	61,4	MAG	0,04	61,4
FFA	0,08	65,3	FFA	0,05	65,3
Impurities	0,01	4,4	Impurities	0,00	4,4
Metanol	0,00	0,0	Metanol	44,80	64.788,5
Petroleum Eter	83,77	66.856,3	Petroleum Eter	46,23	66.856,3
Jumlah	100,0	79.814	Jumlah	100,0	144.602,5
Aliran < 32 >					
Metanol	100,0	64.788,5			
Jumlah	64.788,5				
Total	144.602,5		Total	144.602,5	

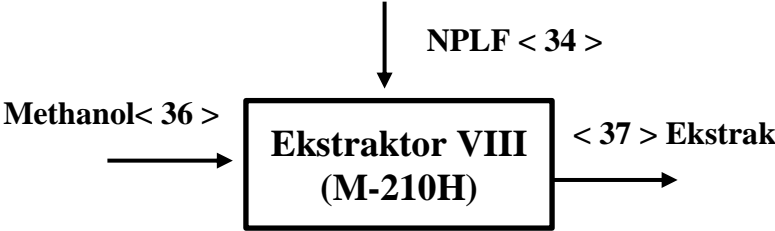
17. Decanter Stage VII (H-220G)



Tabel IV.17 Neraca Massa *Decanter Stage VIII (H-220H)*

Komponen	Aliran masuk		Aliran keluar			
	Aliran < 33 >		Aliran < 34 >		Aliran < 35 >	
	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg
TAG	8,82	12.757,4	15,89	12.657,0	0,15	100,4
DAG	0,05	69,2	0,07	55,4	0,02	13,8
MAG	0,04	61,4	0,04	33,5	0,04	27,9
FFA	0,05	65,3	0,07	56,7	0,01	8,6
Impurities	0,00	4,4	0,00	0,9	0,01	3,5
Metanol	44,80	64.788,5	0,00	0,0	99,76	64.788,5
Petroleum ether	46,23	66.856,3	83,93	66.856,3	0,00	0,0
Jumlah	100,0	144.603	100,0	79.660	100,0	64.942,6
Total	144.602,5		Total	144.602,5		

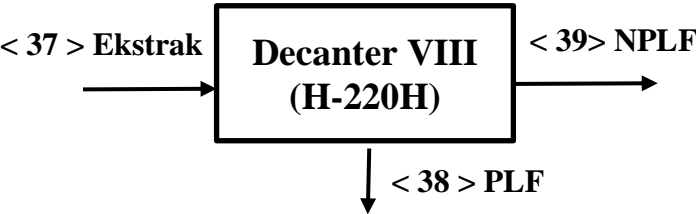
18. Ekstraktor *Stage VIII* (M-210H)



Tabel IV.18 Neraca Massa Ekstraktor *Stage VIII (M-210H)*

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 34 >			Aliran < 37 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
TAG	15,9	12.703,9	TAG	8,8	12.703,9
DAG	0,1	55,6	DAG	0,0	55,6
MAG	0,0	33,6	MAG	0,0	33,6
FFA	0,1	56,9	FFA	0,0	56,9
Impurities	0,0	0,9	Impurities	0,0	0,9
Metanol	0,0	0,0	Metanol	44,6	64.255,0
Petroleum Eter	83,9	67.104,1	Petroleum Eter	46,5	67.104,1
Jumlah	100,0	79.955	Jumlah	100,0	144.210,2
Aliran < 36 >					
Metanol	100,0	64.255,0			
Jumlah	64.255,0				
Total	144.210,2		Total	144.210,2	

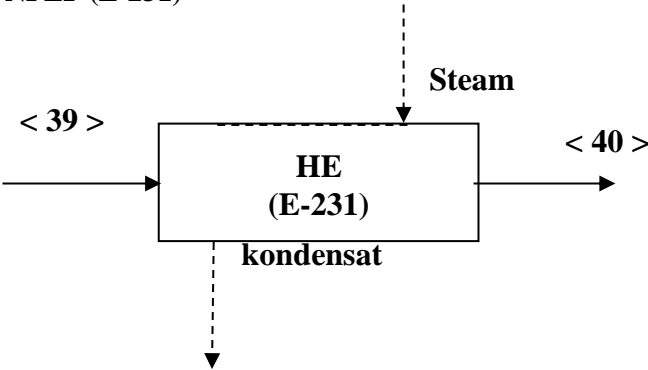
19. Decanter Stage VIII (H-220H)



Tabel IV.19 Neraca Massa *Decanter Stage VIII* (H-220H)

Komponen	Aliran masuk		Aliran keluar			
	Aliran < 37 >		Aliran < 38 >		Aliran < 39 >	
	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg	%massa	Massa, Kg
TAG	8,81	12.657,0	0,16	101,0	15,79	12.556,0
DAG	0,04	55,4	0,00	1,9	0,07	53,5
MAG	0,02	33,5	0,04	25,9	0,01	7,6
FFA	0,04	56,7	0,02	12,1	0,06	44,6
Impurities	0,00	0,9	0,00	0,9	0,00	0,0
Metanol	44,56	64.017,8	99,78	64.017,8	0,00	0,0
Petroleum ether	46,53	66.856,3	0,00	0,0	84,08	66.856,3
Jumlah	100,0	143.678	100,0	64.159,5	100,0	79.518
Total	143.677,6		Total	143.677,6		

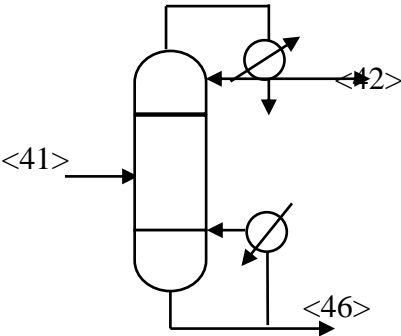
20. Heater NPLF (E-231)



Tabel IV.20 Neraca Massa *Heater NPLF (E-231)*

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 39 >			Aliran < 40 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
TAG	15,8	12.556,0	TAG	15,8	12.556,0
DAG	0,1	53,5	DAG	0,1	53,5
MAG	0,0	7,6	MAG	0,0	7,6
FFA	0,1	44,6	FFA	0,1	44,6
Impurities	0,0	0,0	Impurities	0,0	0,0
Metanol	0,0	0,0	Metanol	0,0	0,0
Petroleum ether	84,1	66.856,3	Petroleum ether	84,1	66.856,3
Jumlah	100,0	79.518	Jumlah	100,0	79.518,1
Total	79.518,1		Total	79.518,1	

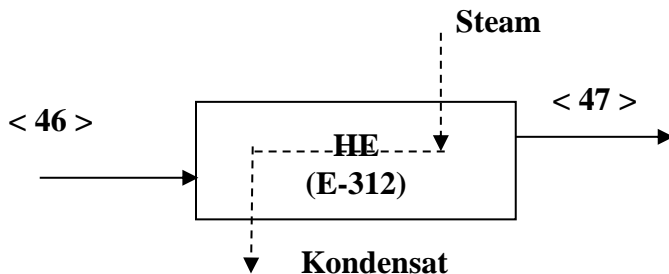
21. NPLF Distillation Colom (D-230)



Tabel IV.21 Neraca Massa Total NPLF *Distillation Colom (D-230)*

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Komponen	Massa	Komponen	Massa
Aliran <41>		Aliran <43>	
TAG	12556,047	TAG	0,000
DAG	53,522	DAG	0,000
MAG	7,646	MAG	0,000
FFA (HK)	44,602	FFA (HK)	0,045
Petroleum Eter (LK)	66856,329	Petroleum Eter (LK)	66849,644
Total	79518,147	Total	66849,688
		Aliran <47>	
		TAG	12556,047
		DAG	53,522
		MAG	7,646
		FFA (HK)	44,602
		Petroleum Eter (LK)	6,686
		Total	12668,503
TOTAL	79518	TOTAL	79518

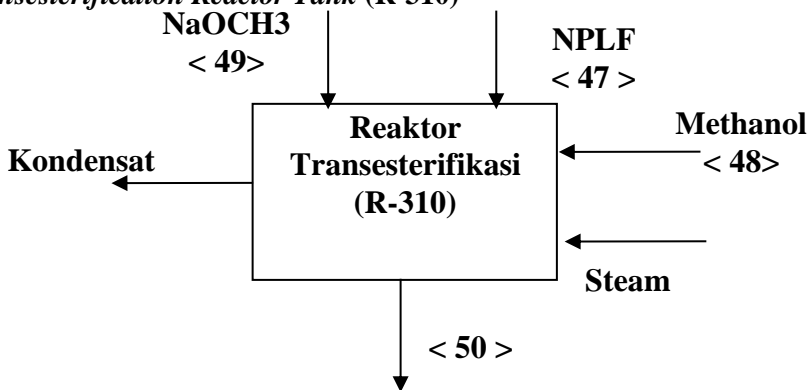
22. Reactor Cooler (E-312)



Tabel IV.22 Neraca Massa *Reactor Cooler (E-312)*

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 46 >			Aliran < 47 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
TAG	0,991	12.556,0	TAG	0,991	12.556,0
DAG	0,004	53,5	DAG	0,004	53,5
MAG	0,001	7,6	MAG	0,001	7,6
FFA	0,004	44,6	FFA	0,004	44,6
Petroleum Ether	0,001	6,7	Petroleum Ether		
Jumlah	1,0	12.668	Jumlah	1,0	12.668,5
Total	12.668,5		Total	12.668,5	

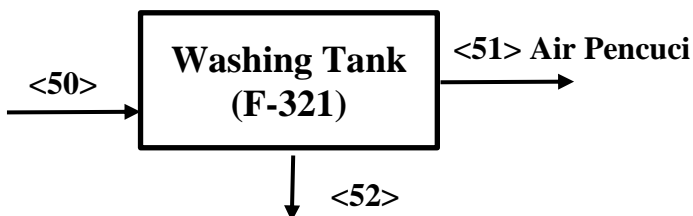
23. Transesterification Reactor Tank (R-310)



Tabel IV.23 Neraca Massa *Transesterification Reactor Tank* (R-310)

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 47 >			Aliran < 58 >		
Komponen	%Massa	Massa, Kg	Komponen	%Massa	Massa, Kg
TAG	99,1	12.556,0	TAG	0,8	125,6
DAG	0,4	53,5	DAG	0,0	0,5
MAG	0,1	7,6	MAG	0,0	0,1
FFA	0,4	44,6	FFA	0,0	0,4
Petroleum Ether	0,1	6,7	Petroleum Ether	0,0	6,7
Jumlah	100,0	12.668,5	Metil Ester	80,0	12.579,7
Aliran < 56 >			Gliserol	8,5	1.333,3
Metanol	100,0	2.818,1	Metanol	9,1	1.437,4
Aliran < 57 >			NaOCH ₃	1,5	232,2
Katalis	100,0	232,2	H ₂ O	0,02	2,9
			Jumlah	100	15.718,8
Total	15.718,8		Total	15.718,8	

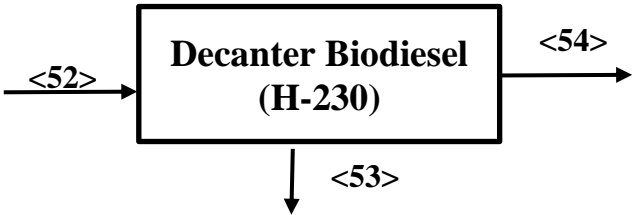
24. Washing Tank (F-321)



Tabel IV.24 Neraca Massa *Washing Tank* (F-321)

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 50>			Aliran < 52 >		
Komponen	%Massa	Massa, Kg	Komponen	%Massa	Massa, Kg
TAG	0,80	125,6	TAG	0,76	125,6
DAG	0,00	0,5	DAG	0,00	0,5
MAG	0,00	0,1	MAG	0,00	0,1
FFA	0,00	0,4	FFA	0,00	0,4
Petroleum Ether	0,04	6,7	Petroleum Ether	0,04	6,7
Metil Ester	80,03	12.579,7	Metil Ester	76,22	12.579,7
Gliserol	8,48	1.333,3	Gliserol	8,08	1.333,3
Metanol	9,14	1.437,4	Metanol	8,71	1.437,4
NaOCH3	1,48	232,2	NaOCH3	1,41	232,2
H ₂ O	0,02	2,9	H ₂ O	4,78	788,8
Jumlah	100,0	15.718,8	Jumlah	100,0	16.504,7
Aliran < 51>					
H2O	100,0	785,9			
Total	16.504,7		Total	16.504,7	

25. Decanter (H-320)

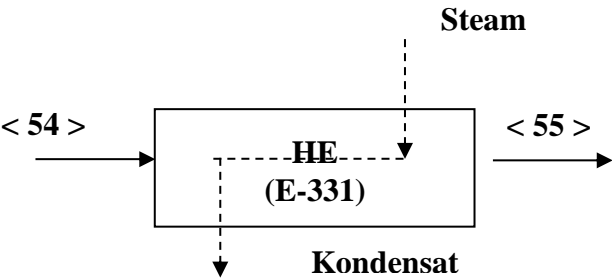


Tabel IV.25 Neraca Massa *Decanter Biodiesel* (H-320)

Aliran keluar			Aliran keluar		
Aliran < 52 >			Aliran < 54 >		
Komponen	%Massa	Massa, Kg	Komponen	%Massa	Massa, Kg
TAG	0,8	125,6	TAG	0,0	0,0
DAG	0,0	0,5	DAG	0,0	0,0
MAG	0,0	0,1	MAG	0,0	0,0
FFA	0,0	0,4	FFA	0,0	0,0
Petroleum Ether	0,0	6,7	Petroleum Ether	0,0	0,0
Metil Ester	80,0	12.579,7	Metil Ester	91,9	12.579,7
Gliserol	8,5	1.333,3	Gliserol	0,0	0,0
Metanol	9,1	1.437,4	Metanol	5,2	718,7
NaOCH ₃	1,5	232,2	NaOCH ₃	0,0	0,0
H ₂ O	0,0	788,8	H ₂ O	2,9	394,4
Jumlah	100,0	16.504,7	Jumlah	97,1	13.692,8
			Aliran < 53 >		
			TAG	4,5	125,6
			DAG	0,0	0,5
			MAG	0,0	0,1
			FFA	0,0	0,4
			Petroleum Ether	0,2	6,7
			Metil Ester	0,0	0,0
			Gliserol	47,4	1.333,3
			Metanol	25,6	718,7
			NaOCH ₃	8,3	232,2
			H ₂ O	14,0	394,4

		Jumlah	86,0	2.811,9
Total	16.504,7	Total	16.504,7	

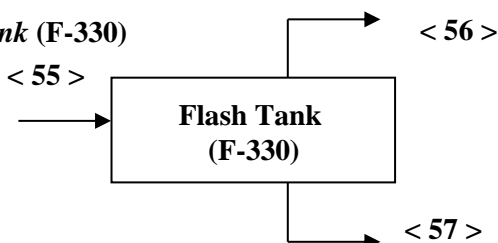
26. Flash Heater (E-331)



Tabel IV.26 Neraca Massa Flash Heater (E-331)

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 54 >			Aliran < 55 >		
Komponen	%Massa	Massa, Kg	Komponen	%Massa	Massa, Kg
TAG	0,0	0,0	TAG	0,0	0,0
DAG	0,0	0,0	DAG	0,0	0,0
MAG	0,0	0,0	MAG	0,0	0,0
FFA	0,0	0,0	FFA	0,0	0,0
Metil Ester	91,9	12.579,7	Metil Ester	91,9	12.579,7
Metanol	5,2	718,7	Metanol	5,2	718,7
H2O	2,9	394,4	H2O	2,9	394,4
Jumlah	100,0	13.692,8	Jumlah	100,0	13.692,8
Total	13.692,8		Total	13.692,8	

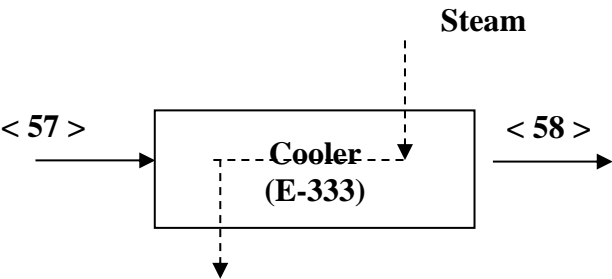
27. Flash Tank (F-330)



Tabel IV.27 Neraca Massa *Flash Tank* (E-330)

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 55>			Aliran < 56 >		
Komponen	%Massa	Massa, Kg	Komponen	%Massa	Massa, Kg
TAG	0,0	0,0	TAG	0,0	0,0
DAG	0,0	0,0	DAG	0,0	0,0
MAG	0,0	0,0	MAG	0,0	0,0
FFA	0,0	0,0	FFA	0,0	0,0
Metil Ester	91,9	12.579,7	Metil Ester	0,0	0,0
Metanol	5,2	718,7	Metanol	66,7	711,5
H2O	2,9	394,4	H2O	33,3	355,0
Jumlah	100,0	13.692,8	Jumlah	66,7	1.066,5
			Aliran < 57 >		
			TAG	0,0	0,0
			DAG	0,0	0,0
			MAG	0,0	0,0
			FFA	0,0	0,0
			Metil Ester	99,6	12.579,7
			Metanol	0,1	7,2
			H2O	0,3	39,4
			Jumlah	100,0	12.626,3
Total	13.692,8		Total	13.692,8	

28. Cooler Biodiesel (E-333)



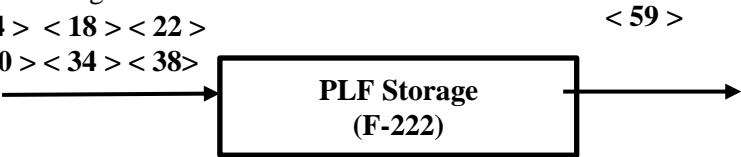
Tabel IV.28 Neraca Massa Cooler Biodiesel (E-333)

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 57 >			Aliran < 58 >		
Komponen	%Massa	Massa, Kg	Komponen	%Massa	Massa, Kg
TAG	0,0	0,0	TAG	0,0	0,0
DAG	0,0	0,0	DAG	0,0	0,0
MAG	0,0	0,0	MAG	0,0	0,0
FFA	0,0	0,0	FFA	0,0	0,0
Metil Ester	99,6	12.579,7	Metil Ester	99,6	12.579,7
Metanol	0,1	7,2	Metanol	0,1	7,2
H2O	0,3	39,4	H2O	0,3	39,4
Jumlah	100,0	12.626,3	Jumlah	100,0	12.626,3
Total	12.626,3		Total	12.626,3	

29. PLF Storage (F-222)

Fungsi : Penamungan fraksi PLF

< 10 > < 14 > < 18 > < 22 >
< 26 > < 30 > < 34 > < 38 >

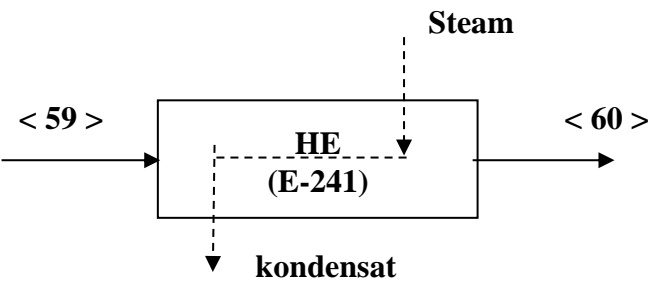


Tabel IV.29 Neraca Massa *PLF Storage*(F-222)

Aliran Masuk						
Komponen	Aliran < 10 >		Aliran < 14 >		Aliran < 18 >	
	% massa	Massa, Kg	% massa	Massa, Kg	% massa	Massa, Kg
TAG	1,3	316,9	0,1	79,6	0,3	205,4
DAG	2,1	524,0	0,0	9,4	0,1	65,0
MAG	0,9	233,0	0,1	107,3	0,0	17,5
FFA	5,1	1.273,1	0,1	74,8	0,1	54,3
Impurities	1,3	322,7	0,2	175,4	0,2	163,7
Metanol	89,3	22.285,4	99,4	75.793,5	99,3	73.561,2
Petroleum ether	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jumlah	100,0	24.955,1	100,0	76.240,0	100,0	74.067,2
Aliran masuk						
Komponen	Aliran < 22 >		Aliran < 26 >		Aliran < 30 >	
	% massa	Massa, Kg	% massa	Massa, Kg	% massa	Massa, Kg
TAG	0,2	155,6	0,4	270,8	0,3	173,9
DAG	0,1	86,8	0,2	122,4	0,1	77,0
MAG	0,0	21,4	0,1	41,3	0,0	8,4
FFA	0,0	15,2	0,0	16,7	0,0	17,9
Impurities	0,2	171,9	0,1	51,6	0,0	17,7
Metanol	99,4	71.031,3	99,3	68.776,7	99,6	66.262,8
Petroleum ether	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jumlah	100,0	71.482,3	100,0	69.279,5	100,0	66.557,6

Aliran masuk					Aliran keluar	
Komponen	Aliran < 34 >		Aliran < 38 >		Aliran < 59 >	
	% massa	Massa, Kg	% massa	Massa, Kg	% massa	Massa, Kg
TAG	0,2	100,4	0,2	101,0	0,3	1.403,6
DAG	0,0	13,8	0,0	1,9	0,2	900,3
MAG	0,0	27,9	0,0	25,9	0,1	482,6
FFA	0,0	8,6	0,0	12,1	0,3	1.472,6
Impurities	0,0	3,5	0,0	0,9	0,2	907,5
Metanol	99,8	64.788,5	99,8	64.017,8	99,0	506.517,2
Petroleum ether	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Jumlah	100,0	64.942,6	100,0	64.159,5	100,0	511.683,8
Total	511.683,8				Total	511.683,8

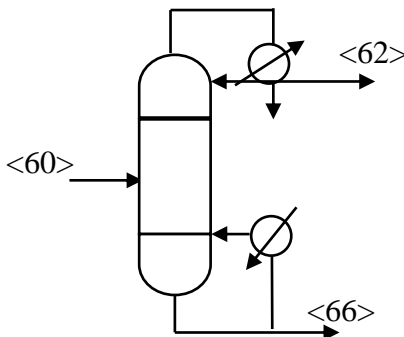
30. Heater PLF (E-241)



Tabel IV.30 Neraca Massa *Heater PLF* (E-241)

Aliran masuk			Aliran keluar		
Aliran < 59 >			Aliran < 60 >		
Komponen	%massa	Massa, Kg	Komponen	%massa	Massa, Kg
TAG	0,3	1.403,6	TAG	0,3	1.403,6
DAG	0,2	900,3	DAG	0,2	900,3
MAG	0,1	482,6	MAG	0,1	482,6
FFA	0,3	1.472,6	FFA	0,3	1.472,6
Impurities	0,2	907,5	Impurities	0,2	907,5
Metanol	99,0	506.517	Metanol	99,0	506.517,2
Petroleum ether	0,0	0,0	Petroleum ether	0,0	0,0
Jumlah	100,0	511.684	Jumlah	100,0	511.683,8
Total	511.683,8		Total	511.683,8	

31. PLF *Distillation Colom* (D-230)



Tabel IV.31 Neraca Massa *PLF Distillation Colom* (D-240)

Aliran Masuk		Aliran Keluar	
Komponen	Massa	Komponen	Massa
Aliran <60>		Aliran <62>	
TAG	1403,554	TAG	0,000
DAG	900,295	DAG	0,000
MAG	482,634	MAG	0,000
FFA	1472,591	FFA	0,000
Impurities (HK)	907,463	Impurities (HK)	0,907
Methanol (LK)	506517,224	Methanol (LK)	506466,572
Total	511683,761	Total	506467,480
		Aliran <63>	
		TAG	1403,554
		DAG	900,295
		MAG	482,634
		FFA	1472,591
		Impurities (HK)	906,556
		Methanol (LK)	50,652
		Total	5216,281
TOTAL	511683,761	TOTAL	511683,761

IV.2 Neraca Energi

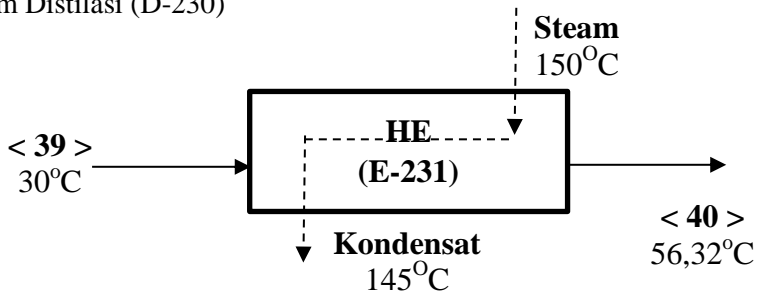
Basis Perhitungan	=	1 jam operasi
Satuan Perhitungan	=	KJ/jam
Kapasitas Produksi tahun	=	100.000ton/
	=	12.626 Kg/jam
Jumlah hari operasi	=	330 hari/tahun
Treferensi	=	25 °C =298 K

Asumsi yang digunakan dalam perhitungan :

- Komponen TAG merupakan Komponen Triolein
- Komponen DAG merupakan Komponen Diolein
- Komponen MAG merupakan Komponen Monoolein
- Komponen FFA dan lainnya merupakan Komponen Oleic Acid

1. *Heater NPLF (E-231)*

Fungsi: Untuk memanaskan Aliran NPLF sebelum memasuki Kolom Distilasi (D-230)

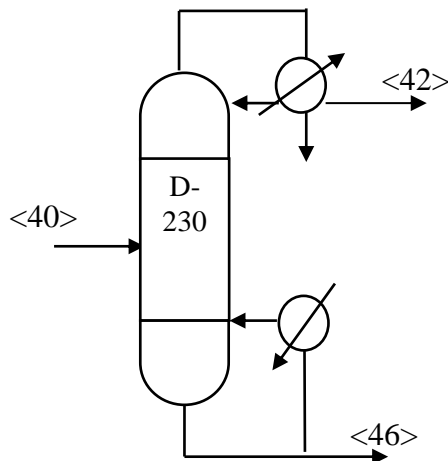


Tabel IV.32 Neraca Energi *Heater NPLF (E-231)*

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_{38}	260104,81	ΔH_{40}	1250720,20
Steam	1286914,07	Kondensat	296298,68
Total	1547018,88	Total	1547018,88

2. *NPLF Distillation Colom (D-230)*

Fungsi: Untuk merecycle solvent Petroleum ether agar dapat digunakan kembali

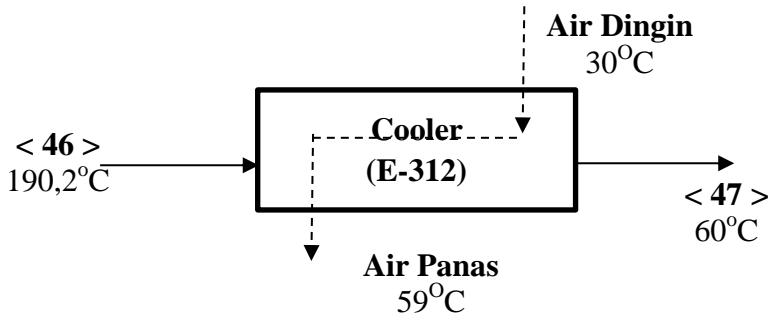


Tabel IV.33 Neraca Energi *NPLF Distillation Colom (D-230)*

Masuk (kJ)		Keluar (kJ)	
ΔH_{40}	1250720,20	ΔH_{42}	271776,50
$Q_{reboiler}$	2669527,49	ΔH_{46}	3627725,75
		$Q_{condenser}$	20745,44
Total	3920247,69	Total	3920247,69

3. *Cooler Reactor (E-312)*

Fungsi: Untuk mendinginkan minyak calaphyllum
innophyllum sebelum masuk

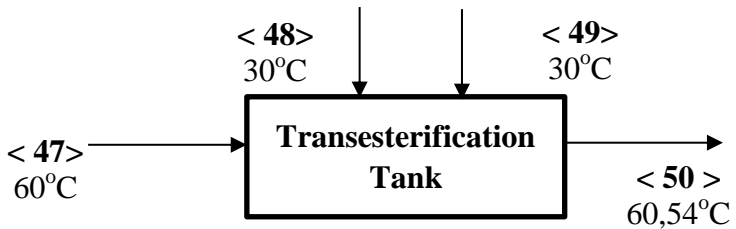


Tabel IV.34 Neraca Energi *Cooler Reactor (E-312)*

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_{46}	5110197,23	ΔH_{47}	1082572,43
		Kondensat	4027624,80
Total	5110197,23	Total	5110197,23

4. *Transesterification Reactor (R-310)*

Fungsi: Terjadi reaksi Transesterifikasi yaitu mereaksikan
Trigliserida dengan metanol menjadi Metil Ester
(Biodiesel) dan Gliserol

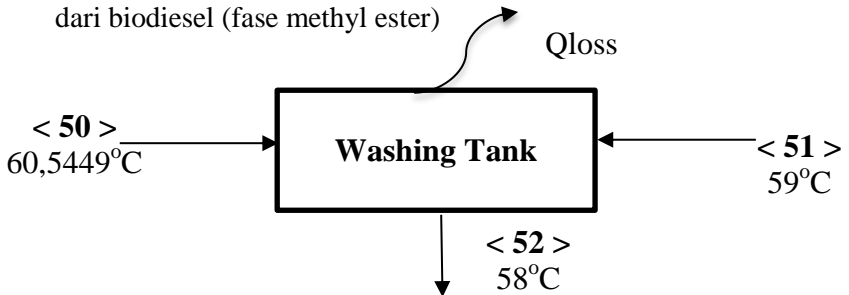


Tabel IV.35 Neraca Energi *Transesterification Reactor* (R-310)

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_{47}	1082541,76	ΔH_{50}	1083126,92
ΔH_{49}	83,28		
ΔH_{48}	501,87		
		ΔH_{reaksi}	279967,37
Steam	363707,20	Kondensat	83739,83
Total	363707,20	Total	363707,20

5. *Washing Tank* (H-321)

Fungsi: untuk melarutkan zat pegotor sisa reaksi transesterifikasi berupa metanol, katalis dan gliserol sisa dari biodiesel (fase methyl ester)

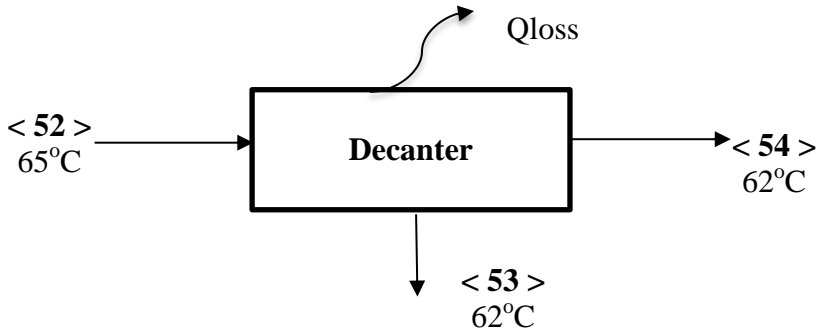


Tabel IV.36 Neraca Energi *Washing Tank* (H-321)

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_{50}	1083126,92	ΔH_{52}	1005219,63
ΔH_{51}	111,70		
		Q_{loss}	78018,99
Total	1083238,62	Total	1083238,62

6. *Decanter Biodiesel* (H-320)

Fungsi: Memisahkan menjadi dua fasa yaitu fase atas (Metil Ester, Methanol dan Air Sebagian) dan fase bawah (Gliserol, Gliserida NaOCH₃, Metanol dan Air)

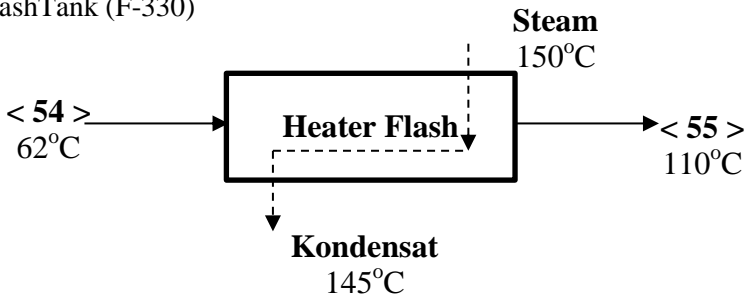


Tabel IV.37 Neraca Energi *Decanter* Biodiesel (H-320)

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_{51}	1005219,63	ΔH_{53}	9896,80
		ΔH_{54}	903517,03
		Q_{loss}	91805,79
Total	1005219,63	Total	1005219,63

7. *Heater Flash* (E-331)

Fungsi: Untuk memanaskan aliran sebelum memasuki FlashTank (F-330)

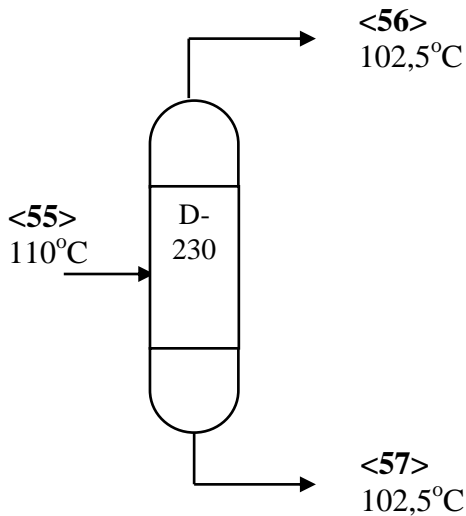


Tabel IV.38 Neraca Energi *Heater Flash* (E-331)

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_{54}	903517,03	ΔH_{55}	2563731,38
Steam	2156793,87	Kondensat	496579,52
Total	3060310,90	Total	3060310,90

8. *Flash Tank* (F-330)

Fungsi: Untuk menguapkan metanol yang terdapat dalam fase metil ester

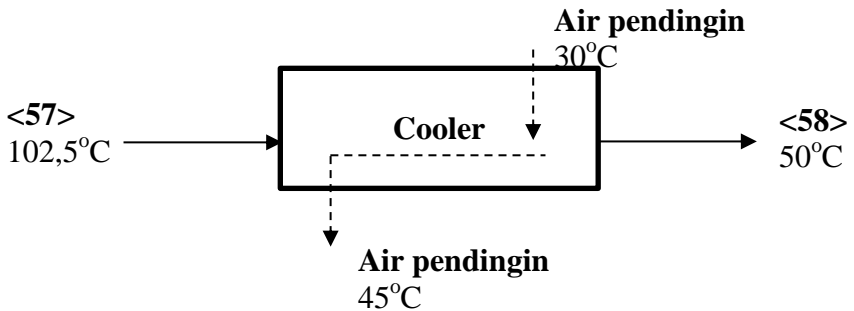


Tabel IV.39 Neraca Energi *Flash Tank* (F-330)

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_{55}	2600661,69	ΔH_{56}	30720,45
		ΔH_{57}	2335976,30
		Kondensat	1754,98
		Q_{loss}	232209,96
Total	2600661,69	Total	2600661,69

9. Cooler Biodiesel(E-333)

Fungsi: Untuk mendinginkan biodiesel sebelum masuk storage tank (F-336)

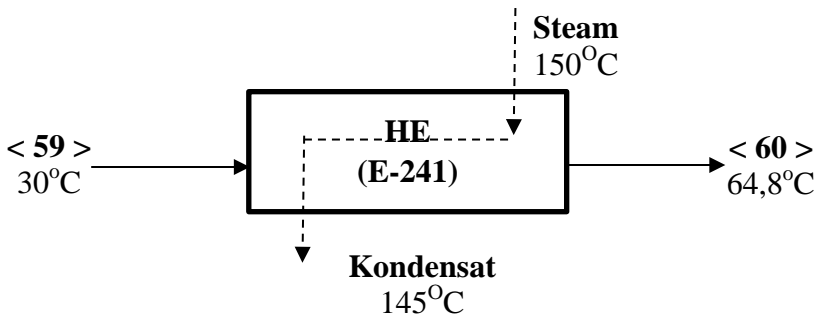


Tabel IV.40 Neraca Energi *Flash Tank* (F-330)

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_{57}	2332840,91	ΔH_{58}	752509,38
		Kondensat	1580331,53
Total	2332840,91	Total	2332840,91

10. Heater PLF (E-241)

Fungsi: Untuk memanaskan Aliran PLF sebelum memasuki Kolom Distilasi (D-240)

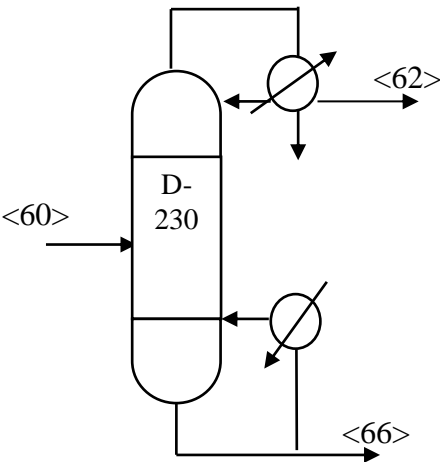


Tabel IV.41 Neraca Energi *Heater PLF* (E-241)

Masuk (KJ/Jam)		Keluar (KJ/Jam)	
ΔH_{59}	51958,58	ΔH_{60}	1482285,08
Steam	1858145,26	Kondensat	427818,76
Total	1910103,84	Total	1910103,84

11. PLF *Distilation Colom* (D-240)

Fungsi: Untuk merecycle solvent Metanol agar dapat digunakan kembali



Tabel IV.42 Neraca Energi PLF *Distilation Colom* (D-240)

Masuk (kJ)		Keluar (kJ)	
ΔH_{60}	1482285,08	ΔH_{62}	860614,09
$Q_{reboiler}$	1668065,78	ΔH_{66}	497292,51
		$Q_{condenser}$	1792444,24
Total	3150350,9	Total	3150350,8

BAB V

DAFTAR DAN HARGA PERALATAN

Spesifikasi peralatan yang digunakan dalam Pra Desain Pabrik Biodiesel dari Biji Nyamplung (*Calophyllum Innophyllum*) dengan Proses Pemurnian *Batchwise Solvent Extraction* adalah sebagai berikut :

1. Storage Biji Nyamplung (F-111)

Tabel V.1 Spesifikasi Storage Biji Nyamplung (F-111)

Spesifikasi			
Nama	=	Storage Biji Nyamplung(F-111)	
Fungsi	=	Menampung Biji Nyamplung yang akan proses.	
Tipe	=	Bangunan Persegi dengan tutup prisma segi empat	
Kondisi Operasi	=	- Tekanan	1 atm
		- Suhu	30°C
Panjang	=	76,810	Ft
Lebar	=	57,608	Ft
Tinggi	=	38,405	Ft
Kapasitas <i>storage</i>	=	144604,89	ft ³
Bahan Konstruksi	=	- Tiang	Besi baja
		- Dasar	Beton
		- Dinding	Asbes
Jumlah	=	1 unit	

2. *Belt Conveyor (J-112)*

Tabel V.2 Spesifikasi *Belt Conveyor (J-112)*

Spesifikasi			
Nama Alat	=	<i>Belt Conveyor (J-112)</i>	
Fungsi	=	Mengangkut biji Karet dari storage ke expeller press	
Tipe	=	<i>Throughted Antifriction Idlers</i>	
Bahan			
Konstruksi	=	<i>Neoprene</i>	
Kondisi			
Operasi	=	Suhu	30 °C
		Tekanan	1 atm
Kapasitas maks.	=	25	ton/jam
Kapasitas biji nyamplung	=	37,02	ton/jam
Panjang	=	2914844,31	ft
Lebar	=	1,333	ft
Speed	=	40	rpm
Power motor	=	3,09	hp
	=	0,80	kW
Harga	=	24.903	USD

3. *Oil Expeller Press (C-110)*

Tabel V.3 Spesifikasi *Oil Expeller Press (C-110)*

Spesifikasi				
Nama alat	=	<i>Twin Screw Extruder (C-110)</i>		
Fungsi	=	Mengekstrak minyak biji nyamplung secara mekanik		
Bahan konstruksi	=	<i>carbon steel</i>		
Kapasitas maksimal	=	25	ton/jam	
Kapasitas Operasi	=	37,019	ton/jam	
jumlah	=	2	Buah	
Harga	=		3.420	USD

4 *Centrifuge Filter(H-120)*

Tabel V.4 Spesifikasi *Centrifuge Filter (H-120)*

Spesifikasi				
Nama Alat	=	<i>Centrifuge Filter (H-120)</i>		
Fungsi	=	Memisahkan minyak, air dan ampas berdasarkan densitas		
Tipe	=	<i>Helical Conveyor</i>		
Kapasitas Operasi :				
- Liquid	=	107,534	gal/min	
- Solid	=	2,23	ton/jam	
Diameter Bowl	=	24		
Speed (r/min)	=	3000	r/min	
Motor size	=	125	Hp	
Jumlah	=	1	unit	
Harga	=		32.599	USD

5 Petroleum Ether Storage Tank (F-211)

Tabel V.5 Spesifikasi *Petroleum Ether Storage Tank* (F-211)

Spesifikasi			
<i>Petroleum ether storage tank</i> (F-211)			
Nama	=	211)	
Fungsi	=	Penyimpanan petroleum eter	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan	
	=	bawah berbentuk <i>dished head</i>	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
	=	Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	156	in
Tebal Siliner tangki	=	0,438	in
Tebal tutup atas tangki	=	0,4375	in
Tebal tutup bawah tangki	=	0,4375	in
Tinggi Silinder tangki	=	272,738297	in
Tinggi tutup atas tangki	=	32,881	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	32,881	in
Tinggi total tangki	=	338,500	in
Kapasitas	=	3187,40	ft ³
Material konstruksi	=	Carbon Steel, SA-283 Grade C	
Jumlah	=	1	unit
Harga	=	59.854	USD

6 Methanol Storage Tank (F-213)

Tabel V.6 Spesifikasi *Methanol Storage Tank* (F-213)

Spesifikasi		<i>Methanol Storage Tank</i> (F-		
Nama	=	213)		
Fungsi	=	Penyimpanan methanol		
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>dished head</i>		
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1	atm
	=	Suhu	30	°C
Diameter tangki	=	204	in	
Tebal Siliner tangki	=	0,875	in	
Tebal tutup atas tangki	=	2,25	in	
Tebal tutup bawah tangki	=	2,25	in	
Tinggi Silinder tangki	=	348,2723	in	
Tinggi tutup atas tangki	=	39,841	in	
Tinggi tutup bawah tangki	=	39,841	in	
Tinggi total tangki	=	427,954	in	
Kapasitas	=	6636,74	ft ³	
Material konstruksi	=	Carbon Steel, SA-283 Grade C		
Jumlah	=	3	unit	
Harga	=	179.562	USD	

7. NaOCH₃ Storage Tank (F-313)

Tabel V.7 Spesifikasi *Sodium Methylate Storage Tank (F-313)*

Spesifikasi		
Sodium Methylate Storage Tank (F-313)		
Nama	=	313)
Fungsi	=	Penyimpanan petroleum eter
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berbentuk dished head
Kondisi Operasi	=	Tekanan 1 atm Suhu 30 °C
Diameter tangki	=	126 in
Tebal Siliner tangki	=	0,375 in
Tebal tutup atas tangki	=	0,875 in
Tebal tutup bawah tangki	=	0,875 in
Tinggi Silinder tangki	=	219,8446194 in
Tinggi tutup atas tangki	=	26,022 in
Tinggi tutup bawah tangki	=	26,022 in
Tinggi total tangki	=	174,179 in
Kapasitas	=	1669,34 ft ³
Material konstruksi	=	Carbon Steel, SA-283 Grade C
Jumlah	=	1 unit
Harga	=	59.854 USD

8. Ekstraktor Stage I (M-210 A)

Tabel V.8 Spesifikasi *Ekstraktor Stage I* (M-210 A)

Spesifikasi			
Nama alat	=	<i>Ekstraktor Stage I (M-210 A)</i>	
Fungsi	=	Mencampurkan CCIO dengan Methanol dan Petroleum Eter	
Bentuk	=	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>dished head</i>	
Kapasitas	=	3224,175828	ft ³
Dimensi tangki	=	Diameter tangki	= 152,089 in
	=	Tebal Siliner tangki	= 0,4375 in
	=	Tebal tutup atas tangki	= 0,4375 in
	=	Tebal tutup bawah tangki	= 0,4375 in
	=		273,760
	=	Tinggi Silinder tangki	= 2 in
	=	Tinggi tutup atas tangki	= 33,917 in
	=	Tinggi tutup bawah tangki	= 33,917 in
Jenis Impeller	=	Tinggi total tangki	= 341,593 in
	=	Flat six blade open turbine	
Kecepatan	=	rp	
putar	=	60	m
Power motor	=	12,773	hp
Harga	=	57.716	USD

9. Ekstraktor Stage II (M-210 B)

Table V.9 Spesifikasi Ekstraktor Stage II (M-210B)

Spesifikasi				
Nama alat	=	<i>Ekstraktor stage II(M-210 B)</i>		
Fungsi	=	Mencampurkan NPLF dengan Methanol Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk		
Bentuk	=	Dished head		
Kapasitas	=	4651,461756	ft ³	
Dimensi tangki	=	Diameter tangki	=	171,8521 in
	=	Tebal Siliner tangki	=	0,625 in
	=	Tebal tutup atas tangki	=	0,5 in
	=	Tebal tutup bawah tangki	=	0,5 in
	=	Tinggi Silinder tangki	=	309,3337 in
	=	Tinggi tutup atas tangki	=	36,386 in
	=	Tinggi tutup bawah tangki	=	36,386 in
	=	Tinggi total tangki	=	382,105 in
Jenis Impeller	=	Flat six blade open turbine		
Kecepatan putar	=	90	rpm	
Power motor	=	12,321	hp	
Harga	=	53.441	USD	

10. Ekstrasktor Stage III(M-210 C)

Table V.10 Spesifikasi Ekstrasktor Stage III (M-210 C)

<i>Spesifikasi</i>			
Nama alat	=	<i>Ekstraktor stage III (M-210 C)</i>	
Fungsi	=	Mencampurkan NPLFdengan Methanol	
Bentuk	=	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk Dished head	
Kapasitas	=	4582,760130	ft ³
Dimensi tangki	=	Diameter tangki	= 171,0018 in
	=	Tebal Siliner tangki	= 0,625 in
	=	Tebal tutup atas tangki	= 0,625 in
	=	Tebal tutup bawah tangki	= 0,625 in
	=	Tinggi Silinder tangki	= 307,8032 in
	=	Tinggi tutup atas tangki	= 36,460 in
	=	Tinggi tutup bawah tangki	= 36,460 in
	=	Tinggi total tangki	= 380,724 in
Jenis Impeller	=	Flat six blade open turbine	
Kecepatan putar	=	60	rpm
Power motor	=	12,242	hp
Harga	=	51.303	USD

11 Ekstraktor Stage IV(M-210 D)

Table V.11 Spesifikasi Ekstraktor Stage IV (M-210 D)

Spesifikasi			
Nama alat	=	<i>Ekstraktor stage IV (M-210 D)</i>	
Fungsi	=	Mencampurkan NPLF dengan Methanol	
Bentuk	=	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk Dished head	
Kapasitas	=	4506,445950	ft ³
Dimensi tangki	=	Diameter tangki	= 170,0473 in
		Tebal Siliner tangki	= 0,625 in
		Tebal tutup atas tangki	= 0,625 in
		Tebal tutup bawah tangki	= 0,625 in
		Tinggi Silinder tangki	= 306,0851 in
		Tinggi tutup atas tangki	= 36,209 in
		Tinggi tutup bawah tangki	= 36,209 in
		Tinggi total tangki	= 378,504 in
Jenis Impeller	=	Flat six blade open turbine	
Kecepatan putar	=	60	rpm
Power motor	=	12,108	hp
Harga	=	51.303	USD

12. Ekstraktor Stage V (M-210 E)

Tabel V.12 Spesifikasi Ekstraktor Stage V (M-210 E)

Spesifikasi			
Nama alat	=	<i>Ekstraktor stage V (M-210 E)</i>	
Fungsi	=	Mencampurkan NPLF dengan Methanol	
Bentuk	=	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk Dished head	
Kapasitas	=	4441,160069	ft ³
Dimensi tangki	=	Diameter tangki	= 169,2221 in
	=	Tebal Siliner tangki	= 0,625 in
	=	Tebal tutup atas tangki	= 0,5 in
	=	Tebal tutup bawah tangki	= 0,5 in
	=	Tinggi Silinder tangki	= 304,5998 in
	=	Tinggi tutup atas tangki	= 39,385 in
	=	Tinggi tutup bawah tangki	= 39,385 in
	=	Tinggi total tangki	= 383,370 in
Jenis Impeller	=	Flat six blade open turbine	
Kecepatan putar	=	60	rpm
Power motor	=	12,103	hp
Harga	=	38.798	USD

13. Ekstraktor Stage VI-VIII (M-210 F-H)

Tabel V.13 Spesifikasi Ekstraktor Stage VI-VIII (M-210 F-H)

Spesifikasi				
Nama alat	=	<i>Ekstraktor stage VI-VIII (M-210 F-H)</i>		
Fungsi	=	Mencampurkan NPLFdengan Methanol		
Bentuk	=	Silinder dengan tutup atas dan bawah berbentuk Dished head		
Kapasitas	=	4362,321152	ft ³	
Dimensi tangki	=	Diameter tangki	=	168,2148 in
		Tebal Siliner tangki	=	0,625 in
		Tebal tutup atas tangki	=	0,625 in
		Tebal tutup bawah tangki	=	0,625 in
		Tinggi Silinder tangki	=	302,7866 in
		Tinggi tutup atas tangki	=	35,429 in
		Tinggi tutup bawah tangki	=	35,429 in
		Tinggi total tangki	=	239,073 in
Jenis Impeller	=	Flat six blade open turbine		
Kecepatan putar	=	60	rpm	
Power motor	=	12,068	hp	
Harga	=	38.798	USD	

14. Decanter Stage I (H-220 A)

Tabel V.14 Spesifikasi Decanter Stage I (H-220 A)

Spesifikasi			
Nama	=	<i>Decanter Stage I (H-220 A)</i>	
Fungsi	=	Pemisahan fraksi PLF dan NPLF	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan	
	=	bawah berbentuk dished head	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
	=	Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	9,838	in
Tebal Siliner tangki	=	0,188	in
Tebal tutup atas tangki	=	0,1875	in
Tebal tutup bawah tangki	=	0,1875	in
Tinggi Silinder tangki	=	9,837688	in
Tinggi tutup atas tangki	=	7,701	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	7,701	in
Tinggi total tangki	=	25,240	in
Kapasitas	=	1,94	ft ³
Waktu pemisahan	=	15,36	menit
Material konstruksi	=	Carbon steels SA-283 C	
Jumlah	=	2	unit
Harga	=	32.065	USD

15. Decanter Stage II (H-220 B)

Tabel V.15 Spesifikasi Decanter Stage I (H-220 B)

Spesifikasi			
Nama	=	<i>Decanter Stage II (H-220 B)</i>	
Fungsi	=	Pemisahan fraksi PLF dan NPLF	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan	
	=	bawah berbentuk dished head	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
	=	Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	10,805	in
Tebal Siliner tangki	=	0,188	in
Tebal tutup atas tangki	=	0,1875	in
Tebal tutup bawah tangki	=	0,1875	in
Tinggi Silinder tangki	=	32,41448	in
Tinggi tutup atas tangki	=	7,868	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	7,868	in
Tinggi total tangki	=	48,151	in
Kapasitas	=	2,57	ft ³
Waktu pemisahan	=	14,52	menit
Material konstruksi	=	Carbon steels SA-283 C	
Jumlah	=	2	unit
Harga	=	32.065	USD

16. Decanter Stage III (H-220 C)

Tabel V.16 Spesifikasi Decanter Stage III(H-220 C)

Spesifikasi			
Nama	=	<i>Decanter Stage III (H-220 C)</i>	
Fungsi	=	Pemisahan fraksi PLF dan NPLF	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan	
	=	bawah berbentuk dished head	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
	=	Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	10,349	in
Tebal Siliner tangki	=	0,188	in
Tebal tutup atas tangki	=	0,1875	in
Tebal tutup bawah tangki	=	0,1875	in
Tinggi Silinder tangki	=	31,04755	in
Tinggi tutup atas tangki	=	7,787	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	7,787	in
Tinggi total tangki	=	46,621	in
Kapasitas	=	2,26	ft ³
Waktu pemisahan	=	12,92	menit
Material konstruksi	=	Carbon steels SA-283 C	
Jumlah	=	2	unit
Harga	=	32.065	USD

17 Decanter Stage IV(H-220 D)**Tabel V.17** Spesifikasi Decanter Stage I V (H-220 D)

Spesifikasi			
Nama	=	<i>Decanter Stage IV (H-220 D)</i>	
Fungsi	=	Pemisahan fraksi PLF dan NPLF	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan	
	=	bawah berbentuk dished head	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
	=	Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	9,440	In
Tebal Siliner tangki	=	0,188	In
Tebal tutup atas tangki	=	0,1875	In
Tebal tutup bawah tangki	=	0,1875	In
Tinggi Silinder tangki	=	28,31884	In
Tinggi tutup atas tangki	=	7,661	In
Tinggi tutup bawah tangki	=	7,661	In
Tinggi total tangki	=	43,641	In
Kapasitas	=	1,72	ft ³
Waktu pemisahan	=	9,94	menit
Material konstruksi	=	Carbon steels SA-283 C	
Jumlah	=	2	unit
Harga	=	32.065	USD

18. Decanter Stage V (H-220 E)

Tabel V.18 Spesifikasi Decanter Stage V (H-220 E)

Spesifikasi			
Nama	=	<i>Decanter Stage V (H-220 E)</i>	
Fungsi	=	Pemisahan fraksi PLF dan NPLF	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas	
	=	dan bawah berbentuk dished head	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
	=	Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	8,782	in
Tebal Siliner tangki	=	0,188	in
Tebal tutup atas tangki	=	0,1875	in
Tebal tutup bawah tangki	=	0,1875	in
Tinggi Silinder tangki	=	26,34648	in
Tinggi tutup atas tangki	=	7,543	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	7,543	in
	=	7,543	in
Tinggi total tangki	=	41,433	in
Kapasitas	=	1,38	ft ³
Waktu pemisahan	=	8,10	menit
Material konstruksi	=	Carbon steels SA-283 C	
Jumlah	=	2	unit
Harga	=	32.065	USD

19. Decanter Stage VI-VIII(H-220 F-H)

Tabel V.19 Spesifikasi Decanter Stage V-V III (H-220 F-H)

Spesifikasi			
Nama	=	<i>Decanter Stage VI-VIII (H-220 F-H)</i>	
Fungsi	=	Pemisahan fraksi PLF dan NPLF	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah	
	=	head	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
	=	Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	10,202	in
Tebal Siliner tangki	=	0,188	in
Tebal tutup atas tangki	=	0,1875	in
Tebal tutup bawah tangki	=	0,1875	in
Tinggi Silinder tangki	=	20,40497	in
Tinggi tutup atas tangki	=	7,813	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	7,813	in
Tinggi total tangki	=	36,031	in
Kapasitas	=	1,07	ft ³
Waktu pemisahan	=	5,36	menit
Material konstruksi	=	Carbon steels SA-283 C	
Jumlah	=	2	unit
Harga	=	32.065	USD

20. Petroleum Ether Pump (L-212)

Tabel V.20 Spesifikasi Petroleum Ether Pump (L-212)

Spesifikasi

Nama alat	=	<i>Petroleun Eter pump (L-212)</i>
Fungsi	=	Mengalirkan Petroleum Eter ke tangki mixer stage 1
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	8,027523 ft ³ /detik
Power motor	=	3,93 hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	1 buah
Harga	=	1.924 USD

21. Methanol Pump (L-214A)

Tabel V.21 Spesifikasi Methanol Pump (L-214 A)

Spesifikasi

Nama alat	=	<i>Methanol pump (L-214 A)</i>
Fungsi	=	Mengalirkan Methanol ke Ekstraktor stage I-VIII
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	0,604036 ft ³ /detik
Power motor	=	0,17 hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	3 buah
Harga	=	7.375 USD

22 Centrifugal Pump Batchwise Stage I (L-221A)

Tabel V.22 Spesifikasi Centrifugal Pump Batchwise Stage I (L-221A)

Spesifikasi		
Nama alat	=	<i>Centrifugal pump batchwise stage I (L-221 A)</i>
Fungsi	=	Mengalirkan fraksi NPLF ke ekstraktor stage II
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	4,550091 ft ³ /detik
Power motor	=	5,46 hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	2 Buah
Harga	=	1.924 USD

23. Centrifugal Pump Batchwise Stage II (L-221 B)

Tabel V.23 Spesifikasi Centrifugal Pump Batchwise Stage II (L-221B)

Spesifikasi		
Nama alat	=	<i>Centrifugal pump batchwise stage II (L-221 B)</i>
Fungsi	=	Mengalirkan fraksi NPLF ke ekstraktor stage III
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	4,537647 ft ³ /detik
Power motor	=	5,22 hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	2 buah
Harga	=	1.924 USD

24. Centrifugal Pump Batchwise Stage III(L-221 C)

Tabel V.24 Spesifikasi Centrifugal Pump Batchwise Stage II I
(L-221C)

Spesifikasi		
Nama alat	=	<i>Centrifugal pump batchwise stage III (L-221 C)</i>
Fungsi	=	Mengalirkan fraksi NPLF ke ekstraktor stage IV
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	0,000000 ft ³ /detik
Power motor	=	4,91 hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	2 buah
Harga	=	1.924 USD

25. Centrifugal Pump Batchwise Stage IV(L-221 D)

Tabel V.25 Spesifikasi Centrifugal Pump Batchwise Stage IV
(L-221D)

Spesifikasi		
Nama alat	=	<i>Centrifugal pump batchwise stage IV (L-221 D)</i>
Fungsi	=	Mengalirkan fraksi NPLF ke ekstraktor stage V
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	0,000000 ft ³ /detik
Power motor	=	4,60 hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	2 buah
Harga	=	1.924 USD

26. Centrifugal Pump Batchwise Stage V(L-221 E)

Tabel V.26 Spesifikasi Centrifugal Pump Batchwise Stage IV(L-221E)

Spesifikasi		
Nama alat	=	<i>Centrifugal pump batchwise stage V (L-221 E)</i>
Fungsi	=	Mengalirkan fraksi NPLF ke ekstraktor stage VI
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	0,000000 ft ³ /detik
Power motor	=	4,70 hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	2 buah
Harga	=	1.924 USD

27 Centrifugal Pump Batchwise Stage VI-VIII (L-211 F-H)

Tabel V.27 Spesifikasi Centrifugal Pump Batchwise Stage VI-VIII (L-221F-H)

Spesifikasi		
Nama alat	=	<i>Centrifugal pump batchwise stage VI-VIII (L-221 F-G)</i>
Fungsi	=	Mengalirkan fraksi NPLF ke ekstraktor stage VII-VIII dan I
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	4,502335 ft ³ /detik
Power motor	=	4,63 hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	2 buah
Harga	=	1.924 USD

28. NPLF Heater (E-231)

Tabel V.28 Spesifikasi NPLF Heater (E-231)

<i>Spesifikasi</i>				
Fungsi	=	Menaikan suhu campuran sebelum masuk ke kolom distilasi		
Type	=	<i>1-2 Shell and Tube Heat Exchanger</i>		
Bahan	=	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>		
Tube	=	OD	=	3/4 In
		Panjang	=	16 Ft
		Pitch	=	1 in square
		Jumlah Tube (Nt)	=	15,976 buah
		Passes	=	2
Shell	=	ID	=	8 in
		Passes	=	1
		Heat transfer surface Area	=	295,495 ft ²
		Heat transfer Coefficient (Clean)	=	178,247 Btu/jam.ft ² .°F
		Heat transfer Coefficient (Dirt)	=	95,9808 Btu/jam.ft ² .°F
Jumlah	=	1 unit		
Harga	=	22.873 USD		

29 PLF Heater (E-241)

Tabel V.29 Spesifikasi PLF Heater (E-241)

Spesifikasi

	Menaikan suhu campuran sebelum masuk ke kolom		
Fungsi	=	distilasi	
		1-2 Shell and Tube Heat	
Type	=	Exchanger	
Bahan	=	Carbon Steel SA-283 Grade C	
Tube	=	OD	= 3/4 in
		Panjang	= 16 ft
		Pitch	= 1 in square
		Jumlah Tube (Nt)	= 82,7654 buah
		Passes	= 2
Shell	=	ID	= 8 in
		Passes	= 1
		Heat transfer surface Area	= 1530,84 ft ²
		Heat transfer Coefficient (Clean)	= 423,052 Btu/jam.ft ² .°F
		Heat transfer Coefficient (Dirt)	= 104,953 Btu/jam.ft ² .°F
Jumlah	=	1	unit
Harga	=	22.873	USD

30. NPLFDistillation Coloum (D-230)

Tabel V.30 Spesifikasi NPLF Distilation Coloum (D-230)

<i>Spesifikasi</i>			
Nama	NPLF Distilation Coloumn (D-230)		
Fungsi	: Untuk memisahkan Petroleum eter dari fraksi NPLF campuran organik lainnya		
Jenis Kolom	: <i>Tray distillation column</i>		
Jenis Tray	: <i>sieve tray</i>		
Jumlah Tray	: 15	Stages	
Tray spacing	: 18	In	
Active area	: 376,955	ft ²	
Area of holes	: 37,695	ft ²	
Area downcomer	: 41,884	ft ²	
A_h/A	: 0,090		
A_d/A	: 0,100		
A_h/A_A	: 0,1		
d_h	: 0,25	In	
l_w	: 166,205	In	
h_w	: 0,5	In	
Silinder			
Tinggi Kolom	: 39	Ft	
Volume Kolom	: 3.995,342	ft ³	
Diameter dalam	: 53,625	In	
Diameter luar	: 54	In	
Tebal shell	: 0,188	In	
Tebal tutup atas dan bawah	: 0,188	In	
Bahan konstruksi	Carbon Stell SA 240 grade M type		
	: 316		
Harga	: 22.873	USD	

31. PLF Distillation Coloum (D-240)

Tabel V.31 Spesifikasi PLF Distillation Coloum (D-240)

Spesifikasi

Kode Alat	: PLF distillation coloumn (D-240)
Fungsi	: Untuk memisahkan metanol dari fraksi PLF campuran organik lainnya
Jenis Kolom	: <i>Tray distillation column</i>
Jenis Tray	: <i>sieve tray</i>
Jumlah Tray	: 15 <i>Stages</i>
Tray spacing	: 18 In
Active area	: 35,020 ft ²
Area of holes	: 3,502 ft ²
Area downcomer	: 3,891 ft ²
A_h/A	: 0,090
A_d/A	: 0,100
A_h/A_A	: 0,1
d_h	: 0,25 In
l_w	: 50,659 In
h_w	: 2 In

Silinder

Tinggi Kolom	: 33 ft
Volume Kolom	: 3.995,342 ft ³
Diameter dalam	: 53,625 in
Diameter luar	: 54 in
Tebal shell	: 0,188
Tebal tutup atas dan bawah	: 0,188 In

Bahan konstruksi	:	Carbon Stell SA 240 grade M type
Harga	:	316
	:	22.873 USD

32 NPLF Condensor (E-232)

Tabel V.32 Spesifikasi NPLF Condensor (E-232)

<i>Spesifikasi</i>			
Fungsi	=	Menurunkan suhu petroleum eter sebelum masuk storage	
Type	=	Shell and Tube Heat Exchanger	
Bahan	=	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
Tube	=	OD	= 3/4 in
		Panjang	= 16 ft
		Pitch	= 1 in square
		Jumlah Tube (Nt)	= 122,654 buah
		Passes	= 2
Shell	=	ID	= 15 1/4 in
		Passes	= 1
		Heat transfer surface Area	= 10435,7 ft ²
		Heat transfer Coefficient (Clean)	= 634,892 Btu/jam.ft ² .°F
		Heat transfer Coefficient (Dirt)	= 133,319 Btu/jam.ft ² .°F
Jumlah	=	1	Unit
Harga	=	22.783	USD

33 PLF Condensor (E-242)

Tabel V.33 Spesifikasi PLF Condensor (E-242)

Spesifikasi

Fungsi	=	Menurunkan suhu methanol sebelum masuk storage		
		1-2 Shell and Tube Heat		
Type	=	Exchanger		
Bahan	=	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>		
Tube	=	OD	=	3/4 in
		Panjang	=	16 ft
		Pitch	=	1 in square
		Jumlah Tube (Nt)	=	213,382 buah
		Passes	=	2
Shell	=	ID	=	8 in
		Passes	=	1
		Heat transfer surface Area	=	3946,75 ft ²
		Heat transfer Coefficient (Clean)	=	165,778 Btu/jam.ft ² .°F
		Heat transfer Coefficient (Dirt)	=	1066,91 Btu/jam.ft ² .°F
Jumlah	=	1	Unit	
Harga	=	22.873	USD	

34. NPLF Reboiler (E-233)

Tabel V.34 Spesifikasi NPLF Reboiler (E-233)

<i>Spesifikasi</i>				
	Menaikan suhu campuran sebelum masuk ke kolom			
Fungsi	=	distilasi		
		1-2 Shell and Tube Heat		
Type	=	Exchanger		
Bahan	=	Carbon Steel SA-283 Grade C		
Tube	=	OD	=	3/4 in
		Panjang	=	16 ft
		Pitch	=	1 in square
		Jumlah Tube (Nt)	=	94,0553 buah
		Passes	=	2
Shell	=	ID	=	13 1/4 in
		Passes	=	1
		Heat transfer surface Area	=	6146,81 ft ²
		Heat transfer Coefficient (Clean)	=	16,3504 Btu/jam.ft ² .°F
		Heat transfer Coefficient (Dirt)	=	12,8835 Btu/jam.ft ² .°F
Jumlah	=	1 unit		
Harga	=	22.873 USD		

35 PLF Reboiler (E-241)**Tabel V.35** Spesifikasi PLF Reboiler (E-241)

<i>Spesifikasi</i>			
Fungsi	=	Menaikan suhu campuran sebelum masuk ke kolom distilasi	
Type	=	1-2 Shell and Tube Heat Exchanger	
Bahan	=	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>	
Tube	=	OD	= 3/4 in
		Panjang	= 16 ft
		Pitch	= 1 in
		Jumlah Tube (Nt)	= 51,4771 buah
		Passes	= 2
Shell	=	ID	= 13 1/4 in
		Passes	= 1
		Heat transfer surface Area	= 3364,19 ft ²
		Heat transfer Coefficient (Clean)	= 83,6454 Btu/jam.ft ² .°F
		Heat transfer Coefficient (Dirt)	= 28,3913 Btu/jam.ft ² .°F
Jumlah	=	1	unit
Harga	=	22,873	USD

36 Transesterification Reactor (R-310)

Tabel V.36 Spesifikasi *Transesterification Reactor* (R-310)

Spesifikasi

Nama	:	Transesterification Reactor (R-310)
Fungsi	:	Untuk mengkonversi Trigliserida menjadi Metil Ester <i>CSTR (Continous Stirrer Tank</i>
Tipe	:	<i>Reactor)</i>
Bentuk	:	Silinder vertikal dengan alas dan tutup berbentuk standar dished : head
Pengelasan :		<i>Double welded butt joint</i>
Bahan	:	Carbon Stell SA 240 grade M type 316
Jumlah	:	1 buah
P_{design}	:	33,558 psi
Diameter dalam tangki	Di	: 101,63 in
Diameter luar tangki	Do	: 102,00 in
Tinggi silinder	Hs	: 40,00 ft
Tinggi tutup atas	Hha	: 2,50 ft
Tinggi tutup bawah	Hhb	: 2,50 ft
Tinggi Reaktor	HT	: 45,00 ft
Tebal silinder	ts	: 1/5 in
Tebal tutup atas	tha	: 1/4 in
Tebal tutup bawah	thb	: 1/4 in
<u>Pengaduk</u>		
Type	:	<i>Three- blade turbine propeller agitator dengan 4 baffle</i>
Jumlah	:	2 Buah
Power	:	102 hp

Diameter pengaduk	Da	:	0,777	m
Panjang pengaduk	La	:	0,194	m
Lebar pengaduk	W	:	0,155	m
Jarak dari dasar	C	:	0,864	m
Kecepatan putaran	N	:	6,7	rps
Harga	=	162.000	USD	

37. *Reactor Pump (L-311)*

Tabel V.37 Spesifikasi Reactor Pump (*L-311*)

Spesifikasi

Nama alat	=	<i>Reactor Pump (L-311)</i>
Fungsi	=	Mengalirkan produk bawah kolom distilasi (D-230) ke reaktor transesterifikasi (R-310)
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	0,530032 ft ³ /detik
Power motor	=	3,7 Hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	1 Buah
Harga	=	1.924 USD

38. Petroleum Ether Recycle Pump (L-234)

Tabel V.38 Spesifikasi Petroleum Ether Recycle Pump (L-234)

Spesifikasi

Nama alat	=	<i>Petroleum Ether Recycle Pump</i> (L-234)
Fungsi	=	Mecycle petroleum ether ke <i>storage tank</i> (F-211)
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	8,033929 ft ³ /detik
Power		
motor	=	12,90 Hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	1 buah
Harga	=	1.924 USD

39 NaOCH₃ Pump (L-314)

Tabel V.39 Spesifikasi NaOCH₃ Pump (L-314)

Spesifikasi

Nama alat	=	<i>NaOCH₃ Pump</i> (L-314)
Fungsi	=	Mengalirkan katalis NaOCH ₃ ke dalam reaktor transesteri
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	0,018786 ft ³ /detik
Power		
motor	=	0,48 hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	1 buah
Harga	=	1.924 USD

40 Decanter Pump 2 (L-324)

Tabel V.40 Spesifikasi Decanter Pump 2 (L-324)

Spesifikasi

Nama alat	=	<i>Decanter Pump 2</i> (L-324)
Fungsi	=	mentransportasikan campuran biodiesel ke decanter
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	1,314942 ft ³ /detik
Power motor	=	1,096 Hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	1 Buah
Harga	=	1.924 USD

41. Methanol Recycle Flash Pump (L-334)

Tabel V.41 Spesifikasi Methanol Recycle Flash Pump (L-334)

Spesifikasi

Nama alat	=	<i>Methanol Recycle Flash Pump</i> (L-334)
Fungsi	=	Mengalirkan distilat produk <i>flash tank</i> (F-330) untuk di recycle ke dalam <i>storage tank</i> (F-213)
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	0,097294 ft ³ /detik
Power motor	=	1,046 hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	1 buah
Harga	=	1.924 USD

42. Biodiesel Pump (L-322)

Tabel V.42 Spesifikasi Biodiesel Pump (L-322)

Spesifikasi		
Nama alat	=	<i>Biodiesel Pump</i> (L-322)
Fungsi	=	Mengalirkan bottom (F-330) masuk ke dalam Biodiesel <i>storage tank</i> (F-336)
Type	=	<i>Centrifugal Pump</i>
Kapasitas	=	1,217942 ft ³ /detik
Power motor	=	2,0 hp
Material	=	Commercial steel
Jumlah	=	1 buah
Harga	=	1.924 USD

43. Reactor Cooler (E-312)

Tabel V.43 Spesifikasi Reactor Cooler (E-312)

<i>Spesifikasi</i>				
Fungsi	=	Menurunkan suhu produk <i>bottom</i> distilasi sebelum masuk ke reaktor (R-310)		
Type	=	1-2 Shell and Tube Heat Exchanger		
Bahan	=	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>		
Tube	=	OD	=	3/4 in
		Panjang	=	16 ft
		Pitch	=	1 in square
		Jumlah Tube (Nt)	=	166 buah
		Passes	=	2
Shell	=	ID	=	17,25 in
		Passes	=	1
		Heat transfer surface Area	=	13437,5 ft ²
		Heat transfer Coefficient (Clean)	=	3,31878 Btu/jam.ft ² .°F
		Heat transfer Coefficient (Dirt)	=	2,52925 Btu/jam.ft ² .°F
Jumlah	=	1	Unit	
Harga	=	22.873	USD	

44. Flash Heater (E-331)

Tabel V.44 Spesifikasi Flash Heater (E-331)

Spesifikasi

Fungsi	=	Menaikan suhu campuran sebelum masuk ke Flash tank
Type	=	1-2 Shell and Tube Heat Exchanger
Bahan	=	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>
Tube	=	OD = 3/4 in
		Panjang = 10 ft
		Pitch = 1 in square
		Jumlah Tube (Nt) = 220 buah
		Passes = 2
Shell	=	ID = 19,25 in
		Passes = 1
		Heat transfer surface Area = 10207,2 ft ²
		Heat transfer Coefficient (Clean) = 1,3984 Btu/jam.ft ² .°F
		Heat transfer Coefficient (Dirt) = 1,38934 Btu/jam.ft ² .°F
Jumlah	=	1 unit
Harga	=	22.873 USD

45. Condensor Flash (E-332)

Tabel V.45 Spesifikasi Condensor Flash (E-332)

Spesifikasi

Fungsi	=	Menurunkan suhu produk sebelum masuk storage Metanol		
Type	=	1-2 Shell and Tube Heat Exchanger		
Bahan	=	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>		
Tube	=	OD	=	3/4 in
		Panjang	=	5 ft
		Pitch	=	1 in square
		Jumlah Tube (Nt)	=	52 buahh
		Passes	=	2
Shell	=	ID	=	10 in
		Passes	=	1
		Heat transfer surface Area	=	3,695 ft ²
		Heat transfer Coefficient (Clean)	=	19,3066 Btu/jam.ft ² .°F
		Heat transfer Coefficient (Dirt)	=	7,3477 Btu/jam.ft ² .°F
Jumlah	=	1	unit	
Harga	=	22.873	USD	

46. Biodiesel Cooler (E-333)

Tabel V.46 Spesifikasi Biodiesel Cooler (E-332)

Spesifikasi

Fungsi	=	Menurunkan suhu produk sebelum masuk storage Metanol		
Type	=	1-2 Shell and Tube Heat Exchanger		
Bahan	=	<i>Carbon Steel SA-283 Grade C</i>		
Tube	=	OD	=	3/4 in
		Panjang	=	5 ft
		Pitch	=	1 in square
		Jumlah Tube (Nt)	=	52 buah
		Passes	=	2
Shell	=	ID	=	10 in
		Passes	=	1
		Heat transfer surface Area	=	3,695 ft ²
		Heat transfer Coefficient (Clean)	=	19,3066 Btu/jam.ft ² .°F
		Heat transfer Coefficient (Dirt)	=	77Btu/jam.ft ² .°F
Jumlah	=	1	unit	
Harga	=	22.873	USD	

47. Washing Tank (F-321)

Tabel V.47 Spesifikasi Washing Tank (F-321)

Spesifikasi			
Nama	=	Washing Tank (F-321)	
Fungsi	=	Mencuci zat pegotor sisa reaksi transesterifikasi berupa metanol, katalis dan gliserol sisa dari biodiesel (fase methyl ester)	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas	
	=	dan bawah berbentuk dished head	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
	=	Suhu	60 °C
Diameter tangki	=	78	In
Tebal Siliner tangki	=	0,313	In
Tebal tutup atas tangki	=	0,75	In
Tebal tutup bawah tangki	=	5,64	In
Tinggi Silinder tangki	=	129,03	In
Tinggi tutup atas tangki	=	23,039	In
Tinggi tutup bawah tangki	=	54,960	In
Tinggi total tangki	=	207,029	In
Kapasitas	=	337,50	ft ³
Material konstruksi	=	Carbon Steel, SA-283 Grade C	
Jumlah	=	1	Unit
Harga	=	41.684	USD

48. Flash Tank (F-330)

Tabel V.48 Spesifikasi Flash Tank (F-330)

Spesifikasi		
Nama	= <i>Flash Tank (F-330)</i>	
Fungsi	= Memisahkan antara Metanol sisa dari fase Metil Ester (Biodiesel)	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan
	=	bawah berbentuk dished head
Kondisi Operasi	= Tekanan	1 atm
	= Suhu	110 °C
Diameter tangki	=	96 in
Tebal Siliner tangki	=	0,313 in
Tebal tutup atas tangki	=	1,125 in
Tebal tutup bawah tangki	=	1,125 in
Tinggi Silinder tangki	=	167,5511 in
Tinggi tutup atas tangki	=	25,709 in
Tinggi tutup bawah tangki	=	25,709 in
Tinggi total tangki	=	51,419 in
Kapasitas	=	738,99 ft ³
Material konstruksi	=	Carbon Steel, SA-283 Grade C
Jumlah	=	1 unit
Harga	=	16.460 USD

49. Biodiesel Tank (F-336)

Tabel V.49 Spesifikasi Biodiesel Tank (F-336)

Spesifikasi			
Nama	=	<i>Biodiesel Storage Tank (F-336)</i>	
Fungsi	=	Penyimpanan Biodiesel	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah	
	=	berbentuk dished head	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
	=	Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	240	in
Tebal Siliner tangki	=	1,000	in
Tebal tutup atas tangki	=	2,75	in
Tebal tutup bawah tangki	=	2,75	in
Tinggi Silinder tangki	=	419,4708	in
Tinggi tutup atas tangki	=	49,948	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	49,948	in
Tinggi total tangki	=	99,896	in
Kapasitas	=	11595,87	ft ³
Material konstruksi	=	Carbon Steel, SA-283 Grade C	
Jumlah	=	2	unit
Harga	=	96.194	USD

50. Decanter (H-320)

Tabel V.50 Spesifikasi Decanter (H-320)

Spesifikasi			
Nama	=	<i>Decanter (H-320)</i>	
Fungsi	=	Memisahkan menjadi dua fasa yaitu fase atas (Metil Ester, Methanol dan Air Sebagian) dan fase bawah (Gliserol, Gliserida NaOCH ₃ , Metanol dan Air)	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berbentuk dished head	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
		Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	5,944	In
Tebal Siliner tangki	=	0,188	in
Tebal tutup atas tangki	=	0,1875	in
Tebal tutup bawah tangki	=	0,1875	in
Tinggi Silinder tangki	=	17,83218	in
Tinggi tutup atas tangki	=	7,159	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	7,159	in
Tinggi total tangki	=	32,150	in
Kapasitas	=	0,21	ft ³
Waktu pemisahan	=	15,02	menit
Material konstruksi	=	Carbon steels SA-283 C	
Jumlah	=	3	unit
Harga	=	16.032	USD

51. CCIO Storage Tank (F-215)

Tabel V.51 Spesifikasi CCIO Storage Tank (F-215)

Spesifikasi			
Nama	=	CCIO storage tank (F-211)	
Fungsi	=	Penyimpanan petroleum eter	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berbentuk <i>dished head</i>	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
	=	Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	108	in
Tebal Siliner tangki	=	0,375	in
Tebal tutup atas tangki	=	0,375	in
Tebal tutup bawah tangki	=	0,375	in
Tinggi Silinder tangki	=	199,112978	in
Tinggi tutup atas tangki	=	23,344	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	23,344	in
Tinggi total tangki	=	245,801	in
Kapasitas	=	1240,21	ft ³
Material konstruksi	=	Carbon Steel, SA-283 Grade C	
Jumlah	=	2	unit
Harga	=	149.635	USD

52. PLF Storage Tank(F-222)

Tabel V.52 Spesifikasi *PLF Storage Tank(F-222)*

Spesifikasi			
Nama	=	<i>PLF Storage Tank (F-222)</i>	
Fungsi	=	Penyimpanan PLF	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas	
	=	dan bawah berbentuk <i>dished head</i>	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
		Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	204	in
Tebal Siliner tangki	=	0,875	in
Tebal tutup atas tangki	=	2,25	in
Tebal tutup bawah tangki	=	2,25	in
Tinggi Silinder tangki	=	342,8574	in
Tinggi tutup atas tangki	=	38,942	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	38,942	in
Tinggi total tangki	=	420,741	in
Kapasitas	=	6331,97	ft ³
Material konstruksi	=	Carbon Steel, SA-283 Grade C	
Jumlah	=	3	unit
Harga	=	207.351	USD

53. NPLF Storage Tank(F-222)

Tabel V.53 Spesifikasi NPLF Storage Tank(F-222)

Spesifikasi			
Nama	=	NPLF Storage Tank (F-224)	
Fungsi	=	Penyimpanan NPLF	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berbentuk dished head	
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
		Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	240	in
Tebal Siliner tangki	=	0,375	in
Tebal tutup atas tangki	=	0,875	in
Tebal tutup bawah tangki	=	0,875	in
Tinggi Silinder tangki	=	415,12421	in
Tinggi tutup atas tangki	=	92,757	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	92,757	in
Tinggi total tangki	=	416,138	in
Kapasitas	=	11239,12	ft ³
Material konstruksi	=	Carbon Steel, SA-283 Grade C	
Jumlah	=	1	unit
Harga	=	97.476	USD

54. Intermediate Tank(F-322)

Tabel V.54 Spesifikasi *Intermediate Tank(F-322)*

Spesifikasi			
Nama	=	Intermdiate Tank (F-322)	
Fungsi	=	Penyimpanan produk hasil washing tank	
Tipe	=	Silinder vertikal dengan tutup atas dan bawah berbentuk dished head	
	=		
Kondisi Operasi	=	Tekanan	1 atm
	=	Suhu	30 °C
Diameter tangki	=	138	in
Tebal Siliner tangki	=	0,375	in
Tebal tutup atas tangki	=	0,875	in
Tebal tutup bawah tangki	=	0,875	in
Tinggi Silinder tangki	=	235,475153	in
Tinggi tutup atas tangki	=	27,193	in
Tinggi tutup bawah tangki	=	27,193	in
Tinggi total tangki	=	185,205	in
Kapasitas	=	2051,32	ft ³
Material konstruksi	=	Carbon Steel, SA-283 Grade C	
Jumlah	=	1	unit
Harga	=	59.854	USD

55. NPLF Centrifuge pump (L-225)

Tabel V.55 Spesifikasi *NPLF Centrifuge pump (L-225)*

Spesifikasi			
Nama alat	=	<i>NPLF Centrifuge pump (L-225)</i>	
Fungsi	=	Mengalirkan fraksi NPLF ke destilasi <i>Centrifugal</i>	
Type	=	<i>Pump</i>	
Kapasitas	=	4,513701	ft ³ /detik
Power motor	=	4,70	Hp
Material	=	Commercial steel	
Jumlah	=	1	buah
Harga	=	3.848	USD

56. Decanter Pump 1 (L-323)

Tabel V.56 Spesifikasi *Decanter Pump 1(L-323)*

Spesifikasi			
Nama alat	=	<i>Decanter pump 1 (L-323)</i>	
Fungsi	=	Mengalirkan produk biodiesel ke decanter <i>Centrifugal</i>	
Type	=	<i>Pump</i>	
Kapasitas	=	1,446467	ft ³ /detik
Power motor	=	1,09	hp
Material	=	Commercial steel	
Jumlah	=	1	buah
Harga	=	48.097	USD

BAB VI

ANALISA EKONOMI

Analisa ekonomi merupakan salah satu parameter apakah suatu pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Untuk menentukan kelayakan suatu pabrik secara ekonomi, diperlukan perhitungan bahan baku yang dibutuhkan dan produk yang dihasilkan menurut neraca massa yang telah tercantum dalam Bab III Neraca Massa. Harga peralatan untuk proses berdasarkan spesifikasi peralatan yang dibutuhkan seperti yang tercantum dalam appendix C yang dihitung berdasarkan pada neraca massa dan energi. Selain itu juga diperlukan analisa biaya yang diperlukan untuk operasi pabrik, utilitas, jumlah dan gaji karyawan serta pengadaan lahan untuk pabrik.

VI.1 Pengelolaan Sumber Daya Manusia

VI.1.1 Bentuk Badan Perusahaan

Bentuk badan perusahaan dalam pabrik natrium sulfat dekahidrat dipilih Perseroan Terbatas (PT). Perseroan Terbatas merupakan suatu persekutuan yang menjalankan perusahaan dengan modal usaha yang terbagi beberapa saham, dimana tiap sekutu (disebut juga persero) turut mengambil bagian sebanyak satu atau lebih saham. Hal ini dipilih karena beberapa pertimbangan sebagai berikut :

- Modal perusahaan dapat lebih mudah diperoleh yaitu dari penjualan saham maupun dari pinjaman.
- Pemilik modal adalah pemegang saham sedangkan pelaksanaannya adalah dewan komisaris.
- Tanggung jawab pemegang saham terbatas, karena segala sesuatu yang menyangkut kelancaran produksi ditangani oleh pemimpin perusahaan.
- Kekayaan pemegang saham terpisah dari kekayaan perusahaan, sehingga kekayaan pemegang saham tidak menentukan modal perusahaan.

VI.1.2. Sistem Organisasi Perusahaan

Sistem organisasi perusahaan ini adalah garis dan staf.

Alasan pemakaian sistem ini adalah :

- Biasa digunakan untuk organisasi yang cukup besar dengan produksi yang terus menerus.
- Terdapat kesatuan pimpinan dan perintah sehingga disiplin kerja lebih baik. Masing-masing kepala bagian/manager secara langsung bertanggung jawab atas aktivitas yang dilakukan untuk mencapai tujuan.
- Modal perusahaan dapat lebih mudah diperoleh yaitu dari penjualan saham maupun dari pinjaman.
- Kekayaan pemegang saham terpisah dari kekayaan perusahaan, sehingga kekayaan pemegang saham tidak menentukan modal perusahaan



Gambar VI.1 Struktur Organisasi Perusahaan

Terdapat dua komponen utama dalam organisasi garis dan staf, yaitu:

➤ Pimpinan

Tugas pimpinan secara garis besar adalah :

- Membuat rencana kerja yang terperinci dengan koordinasi para staff.
- Melakukan pengawasan pelaksanaan kerja dari berbagai bagian dalam pabrik.
- Meninjau secara teratur pelaksanaan pekerjaan di tiap–tiap bagian dan memberikan bimbingan serta petunjuk di dalam pelaksanaan pekerjaan.
- Melaporkan kepada direksi tentang hal–hal yang terkait dengan pengelolaan pabrik.
- Mewakili pabrik dalam perundingan dengan pihak lain.

➤ Staf (pembantu pimpinan)

- Suatu badan yang terdiri dari para tenaga ahli yang membantu pemimpin dan yang menjalankan kebijaksanaan perusahaan.
- Staf merupakan suatu tim yang utuh dan saling membantu dan saling membutuhkan, setiap permasalahan yang ada dipecahkan secara bersama.

Macam–macam staf antara lain :

a. Staf koordinasi

Biasanya disebut staf umum, yaitu kelompok staf yang membantu pimpinan dalam perencanaan dan pengawasan, juga setiap saat memberikan nasehat kepada pimpinan baik diminta maupun tidak.

b. Staf teknik

Biasanya disebut staf khusus, yaitu kelompok staf yang memberikan pelayanan jasa kepada komponen pelaksana untuk melancarkan tugas pabrik.

c. Staf ahli

Staf ini terdiri dari para ahli dalam bidang yang diperlukan oleh pabrik untuk membantu direktur dalam penelitian.

VI.1.3 Struktur Organisasi

Pembagian kerja dalam organisasi atau perusahaan ini adalah:

1. Komisaris Utama

Komisaris utama sebagai pemilik perusahaan, pemegang kekuasaan tertinggi perusahaan, dan pemegang saham terbesar di pabrik ini.

Tugas dan wewenang komisaris utama sebagai berikut:

1. Memilih, mengangkat, dan memberhentikan pimpinan perusahaan
2. Mengesahkan rencana kerja dan laporan keuangan tahunan
3. Mengawasi dan menentukan kebijakan perusahaan
4. Meminta pertanggungjawaban dewan komisaris
5. Mengadakan rapat umum tahunan.

2. Dewan Komisaris

Dewan Komisaris adalah sebuah dewan yang bertugas untuk melakukan pengawasan serta memberikan nasihat kepada direktur utama Perseroan Terbatas (PT). Di Indonesia Dewan Komisaris ditunjuk melalui RUPS (Rapat Umum Pemegang Saham) dan di dalam UU No. 40 Tahun 2007 Tentang Perseroan Terbatas dijabarkan fungsi, wewenang, dan tanggung jawab dari dewan komisaris.

Tugas dan kewenangan dewan komisaris adalah:

1. Mengawasi jalannya usaha PT
2. Mengawasi direktur utama dari PT, dan memastikan bahwa tindakan yang dilakukan direktur utama PT tidak merugikan perseroan.
3. Berpartisipasi dalam penetapan kebijakan perusahaan.
4. Mengadakan evaluasi atau pengawasan tentang hasil yang diperoleh perusahaan secara kontinyu.

5. Memberikan nasihat kepada direktur utama PT bila direktur utama PT ingin mengadakan perubahan atau perencanaan dalam perusahaan.
6. Dalam melakukan tugas, dewan komisaris harus berdasarkan kepada kepentingan PT tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Kewajiban dewan komisaris adalah:

1. Membuat risalah rapat dewan komisaris dan menyimpan salinan rapat.
2. Melaporkan kepada komisaris utama PT mengenai kepemilikan saham PT dan atau saham di PT lainnya.
3. Memberikan laporan kepada komisaris utama PT tentang tugas pengawasan yang telah dilakukan.
4. Mengawasi kinerja direktur utama.

3. Direktur Utama

Direktur Utama adalah orang yang berwenang merumuskan dan menetapkan suatu kebijaksanaan dan program umum perusahaan, pemegang kepengurusan dalam perusahaan, pimpinan perusahaan, dan penanggung jawab utama atas kelangsungan perusahaan secara keseluruhan, sesuai dengan batas wewenang yang diberikan. Dalam menjalankan tugasnya, Direktur Utama dibantu oleh satu orang wakil direktur dan satu orang sekretaris.

Tugas dan kewenangan direktur utama (dirut) adalah:

1. Menetapkan kebijakan-kebijakan, strategi perusahaan, merumuskan rencana-rencana, dan tata cara dalam pelaksanaannya.
2. Menentukan kebijakan keuangan dan anggaran tahunan perusahaan.
3. Mempertanggungjawabkan dan melaporkan kepada dewan komisaris, segala pelaksanaan dan kinerja perusahaan termasuk anggaran belanja dan pendapatan perusahaan.
4. Memberikan instruksi kepada bawahannya untuk mengadakan tugas masing-masing.

5. Menetapkan sistem organisasi yang dianut dan menetapkan pembagian kerja, tugas, dan tanggung jawab dalam perusahaan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan.
6. Mengadakan koordinasi yang tepat ke semua unit atau bagian.

4. Direktur Produksi

Tugas dan kewajiban direktur produksi adalah sebagai berikut :

1. Bertanggung jawab atas kelancaran dan pengawasan produksi serta peralatan pabrik.
2. Bertanggung jawab dalam pengaturan dan pemeliharaan, pengawasan serta perbaikan peralatan pabrik.
3. Perencanaan jadwal produksi dan sarana produksi.
4. Pengembangan, penelitian dan control kualitas produksi.

Direktur produksi membawahi kepala bagian produksi dan *Quality Control*.

5. Direktur Keuangan

Tugas dan kewajiban direktur keuangan dan pemasaran adalah sebagai berikut :

1. Mengatur dan mengawasi keuangan perusahaan.
2. Bertanggung jawab atas kelancaran administrasi perusahaan.
3. Mengatur dan mengawasi pemasaran produksi dan pembelian bahan baku.
4. Bertanggung jawab terhadap kegiatan operasional didalam teamnya.
5. Peningkatan pelayanan dan pemeliharaan pelanggan.
6. Merencanakan unjuk hasil team/rencana break down target
7. Melakukan supervisi terhadap teamnya.
8. Memanage organisasi team agar tercipta suasana harmonis

9. Mengkoordinasikan hasil/temuan lapangan kepada atasan langsung

6. Direktur Pemasaran

Tugas dan kewajiban direktur pemasaran antara lain :

1. Membuat kebijakan perusahaan yang berkaitan pemasaran produk
2. Mengontrol arus perdangan produk baik ke luar negeri ataupun ke dalam negeri
3. Mengupayakan diadakannya kerjasama dengan pihak luar dalam rangka memasarkan produk
4. Bertanggung jawab terhadap keputusan yang berhubungan dengan periklanan.

7. Direktur Sumber Daya Manusia

Tugas dan kewajiban direktur sumber daya manusia adalah sebagai berikut :

1. Merencanakan, mengembangkan dan mengimplementasikan strategi di bidang pengelolaan dan pengembangan SDM.
2. Menetapkan dan memelihara sistem yang sesuai untuk mengukur aspek penting dari pengembangan HR.
3. Memonitor, mengukur dan melaporkan tentang permasalahan, peluang, rencana pengembangan yang berhubungan dengan SDM dan pencapaiannya dalam skala waktu dan bentuk/format yang sudah disepakati.
4. Mengatur dan mengembangkan staf langsung.
5. Mengelola dan mengendalikan pembelanjaan SDM per departemen sesuai anggaran-anggaran yang disetujui.

8. Kepala Bagian

Tugas dan wewenang kepala bagian adalah sebagai berikut :

1. Mengkoordinasikan masing-masing bagian dibawahnya serta bertanggung jawab kepada bidangnya masing-masing.
2. Memberikan laporan secara periodik tentang kegiatan-kegiatan serta hasil-hasil yang telah dicapai oleh bagian masing-masing kepada kepala pabrik atau kantor.
3. Membantu kepala pabrik atau kantor dalam menyiapkan dan menyusun laporan-laporannya.

VI.1.4 Perincian Jumlah Tenaga Kerja

Jumlah karyawan yang dibutuhkan untuk proses produksi pabrik natrium sulfat dekahidrat ini yaitu :

Penentuan jumlah karyawan operasi (proses):

Kapasitas produksi = 303.303kg/hari
= 303 ton/hari

- Berdasarkan *figure 6-9 Peters &Timmerhaus 5th Edition*, hal 265 dengan kapasitas pabrik 288 ton/hari, maka diperoleh jumlah karyawan operasi :

$M = 50 \text{ orang/(hari).(tahap proses)}$

Karena ada 3 tahapan proses dalam pabrik, maka karyawan yang diperlukan adalah:

Karyawan = $50 \text{ orang/(hari).(tahap proses)} \times 3 \text{ tahapan proses}$
= 150 orang./hari

Karyawan operasi dibagi dalam 3 shift kerja (per hari) dengan 1 shift kerja bekerja dalam 8 jam/hari, sehingga jumlah karyawan per shift adalah sebanyak:

= 150 orang.jam/hari : 3 shift
= 50 orang / shift

dengan pembagian jadwal *shift* sebagai berikut:

M = *Morning (Shift 1)*; Jam Kerja (07.00-15.00 WIB).

E = *Evening (Shift 2)* ; Jam Kerja (15.00-23.00 WIB).

N = *Night (Shift 3)* ; Jam Kerja (23.00-07.00 WIB).

VI.1.5 Status Karyawan dan Pengupahan

Sistem pengupahan dibedakan menurut status karyawan, tingkatan pendidikan dan besar kecilnya tanggung jawab atau kedudukannya serta keahlian dan masa kerjanya. Karyawan pabrik dapat digolongkan menjadi 3 golongan sebagai berikut :

a. Karyawan Tetap

Karyawan tetap adalah karyawan tetap perusahaan yang diangkat dan diberhentikan dengan surat keputusan (SK) direksi dan mendapat gaji bulanan, tunjangan, dan jaminan sosial berdasarkan kedudukan, keahlian, dan masa kerja.

b. Karyawan Tidak Tetap

Karyawan yang bekerja secara tidak tetap dan karyawan yang masih menjalani masa kerja percobaan (*trainee*) paling lama 6 bulan. Karyawan tidak tetap ini dapat diterima sebagai karyawan tetap apabila mendapatkan nota persetujuan direktur utama, atas pengajuan kepala bagian dan manajer yang membawahnya. Upah yang diberikan berdasarkan upah bulanan, tetapi belum mendapatkan hak penuh atas tunjangan-tunjangan dan jaminan sosial yang diberikan oleh perusahaan.

c. Karyawan Harian

Karyawan yang bekerja secara harian. Karyawan ini ada ketika perusahaan membutuhkan tenaganya. Karyawan ini diangkat dan diberhentikan oleh direksi tanpa SK dari direksi, dan mendapat upah harian yang dibayar setiap akhir pekan (yakni setiap hari sabtu).

Sistem penggajian dalam perusahaan ini adalah sebagai berikut :

a) Gaji Bulanan

Gaji bulanan diberikan kepada karyawan tetap dan tidak tetap setiap bulannya, sesuai dengan bidang, kedudukan, golongan, serta keahliannya masing-masing.

b) Gaji Harian

Gaji harian adalah gaji yang diberikan kepada karyawan harian yang besarnya tergantung pada keahlian dan masa

kerjanya. Gaji harian diberikan pada setiap akhir pekan (yakni hari sabtu).

c) Gaji Borongan

Gaji borongan diberikan kepada karyawan harian lepas atau pekerja borongan yang telah disepakati oleh perusahaan.

Dapat dilihat pada **Tabel IV.1** jumlah karyawan yang bekerja

VI.2 Utilitas

Utilitas merupakan sarana penunjang suatu industri, karena utilitas merupakan penunjang proses utama dan memegang peranan penting dalam pelaksanaan operasi dan proses. Sarana utilitas pada pabrik natrium sulfat dekahidrat ini meliputi:

1. Air, digunakan sebagai pendingin .
2. Steam, digunakan untuk media pemanas.
3. Listrik, berfungsi sebagai tenaga penggerak dari peralatan proses maupun penerangan.
4. Bahan bakar, berfungsi untuk bahan bakar boiler.

Maka untuk memenuhi kebutuhan utilitas pabrik di atas, diperlukan unit-unit sebagai penghasil sarana utilitas yaitu :

VI.2.1 Unit Pengolahan Air

Kebutuhan air untuk pabrik diambil dari air sungai, dimana sebelum digunakan air sungai perlu diolah lebih dulu, agar tidak mengandung zat-zat pengotor, dan zat-zat lainnya yang tidak layak untuk kelancaran operasi. Air pada pabrik natrium sulfat dekahidrat ini digunakan untuk kepentingan :

1. Air Sanitasi

Air sanitasi, meliputi : laboratorium dan operasional kerja Unit penghasil air sanitasi memerlukan peralatan sebagai berikut : pompa air sungai, bak pra sedimentasi, bak koagulasi, dan flokulasi, tangki tawas, bak pengendap, bak penampung, bak penampung air bersih, bak penampung air sanitasi, tangki desinfektan, dan pompa air untuk sanitasi.

Tabel VI.1 Perincian Jumlah Karyawan

No	Jabatan	Pendidikan			Jumlah
		SMA	D3	S1	
1	Dewan komisaris			3	3
2	Direktur Utama			1	1
3	Direksi			4	4
4	Sekretaris			5	5
5	Kepala Bagian				
	a.Proses & Produksi			1	1
	b.Teknik & Pemeliharaan			1	1
	c.Promosi & Keuangan			1	1
	d.Umum & Personalia			1	1
6	Kepala Seksi				
	a.Proses & Produksi			1	1
	b.Utilitas & Pemeliharaan			1	1
	c.Penjualan & Pemasaran			1	1
	d.Bahan Baku dan Gudang			1	1
	e. Keuangan & Pembukuan			1	1
	f. Keamanan			1	1
7	Foreman				
	a. Proses & Produksi	30	20		120
	b. Utilitas & Pemeliharaan	12	10		22
	c. Penjualan & Pemasaran	8	4		12
	d. Bahan Baku dan Gudang	4	2		8
	e. Keuangan & Pembukuan	1	2		8
	f. Keamanan	12			9
	g. Sopir	10			4
6	Dokter			2	2
7	Karyawan tidak tetap	10			10
Total		77	40	30	191

2. Air Pendingin Proses

Untuk air pendingin proses harus berupa air murni. Akan tetapi pada kenyataannya air yang diperoleh dari PDAM tidak dalam keadaan yang murni, sehingga air tersebut masih perlu sedikit diolah lebih lanjut karena dikhawatirkan masih mengandung zat-zat yang tersuspensi dan zat-zat yang terlarut seperti garam-garam bikarbonat, lumpur, dan lumut yang bisa menyebabkan terjadinya kerak, endapan, berbagai jenis korosi, *foaming* dan *carry over*. Pada unit pengolahan air proses ini, peralatan yang digunakan ialah pompa air, tangki tawas, tangki $\text{Ca}(\text{OH})_2$, bak pengendap, tangki *sand filter* (*filtration unit*), alat *reverse osmosis*, kation-anion *exchanger*, bak penampung air bersih, tangki desinfektan, dan pompa air menuju proses.

Unit penyediaan air pendingin ini berfungsi untuk memenuhi kebutuhan air ditinjau dari segi panas.

Syarat air untuk air pendingin proses adalah tidak boleh mengandung:

- a. ion-ion garam terlarut (*hardness*): yang memberikan efek pada pembentukan kerak (*scaling*).
- b. zat-zat organik: penyebab terbentuknya *slime*.
- c. ion besi: penyebab korosi.
- d. lumpur dan silika: penyebab terbentuknya *crystal* yang melekat (*fouling*).
- e. minyak: dapat menyebabkan turunnya *heat transfer*.

VI.2.2 Unit Penyediaan Steam

Unit ini bertugas untuk menyediakan kebutuhan steam sebagai media pemanas untuk alat-alat perpindahan panas. Steam jenuh yang dibutuhkan untuk proses pemanasan peralatan dihasilkan dari boiler.

VI.2.3 Unit Pembangkit Tenaga Listrik

Kebutuhan listrik yang diperlukan untuk Pabrik natrium sulfat dekahidrat ini diambil dari PLN dan genset sebagai penghasil tenaga listrik dengan distribusi sebagai berikut :

1. Proses produksi diambil dari PLN dan genset jika sewaktu-waktu ada gangguan listrik dari PLN.
2. Penerangan pabrik dan kantor diambil dari generator.

VI.3 Analisa Ekonomi

Analisa ekonomi dimaksudkan untuk menganalisa keekonomian pendirian sebuah pabrik. Dalam pra desain pabrik natrium sulfat dekahidrat ini digunakan beberapa parameter ekonomi untuk menguji kelayakan pabrik. Parameter yang perlu ditinjau antara lain :

1. Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return / IRR*)
2. Waktu Pengembalian Modal Minimum (*Pay Out Time / POT*)
3. Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)

VI.3.1 Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return / IRR*)

Dari hasil perhitungan pada Appendiks D, didapatkan harga $i = 29,8\%$. Harga i yang diperoleh lebih besar dari harga i untuk bunga pinjaman yaitu $10,25\%$ per tahun. Dengan harga $i = 29,8\%$ yang didapatkan dari perhitungan menunjukkan bahwa pabrik ini layak didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman $10,25\%$ per tahun.

VI.3.2 Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time / POT*)

Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa waktu pengembalian modal minimum adalah 3,36 tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan karena POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik.

VI.3.3 Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Biaya tetap (FC) dan Biaya variabel (VC), Biaya semi variabel (SVIC) dan biaya total tidak dipengaruhi oleh kapasitas produksi. Dari perhitungan yang dilakukan pada Appendiks D didapatkan bahwa Titik Impas (BEP) adalah $34,94\%$.

BAB VII

KESIMPULAN

Dari hasil yang telah diuraikan pada bab-bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Perencanaan operasi : Batch Kontinyu, 24 jam/hari,
selama 330 hari
 2. Kapasitas produksi : 100.000 ton/tahun
 3. Bahan baku Biji Nyamplung : 294.277,3 ton/tahun
Methanol : 167.178 ton/tahun
Petroleum Eter : 1.604,928 ton/tahun
NaOCH₃ : 158,52 ton/tahun
 4. Umur Pabrik : 10 tahun
 5. Masa konstruksi : 2 tahun
 6. Analisa ekonomi :
- a) Pembiayaan
- Modal Tetap : Rp. 227.742.564.341
 - Modal Kerja : Rp 13.387.128.217
 - Investasi Total : Rp. 244.628.125.476
 - Biaya Produksi Total : Rp 563.149.603.343
- b) Penerimaan
- Hasil Penjualan : Rp. 688.609.878.976
- c) Rehabilitasi Perusahaan
- Laju Pengembalian Modal : 29,8 %
 - Waktu Pengembalian Modal : 3,36 tahun
 - Break Even Point : 34,94 %

Dari uraian diatas maka dapat simpulkan pabrik layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief Budiman, d. (2017). *Biodiesel: Bahan Baku, Proses, dan Teknologi*. Yogyakarta: Grasindo.
- Aparamarta, H.W. dkk. 2016. *Separation and Purification of Triacylglycerols from Nyamplung (Calophyllum inophyllum) Oil by Batchwise Solvent Extraction*, Indonesia.
- Brownell, L.E. and Young, F.H, 1959, “*Process Equipment Design*”, Willet Eastern Limited, New Delhi.
- Coulson, Richardson, 1999, *Chemical Engineering, volume 6, third edition*, New York, Butterworth Heinemann.
- Geankoplis Christie John, 1993, *Transport Processes and Separation Process Principle*, 4th edition, New Jersey, Pearson Education International.
- Dr. Ir. Budi Leksono, M. (2015). *Sekilas Tentang Nyamplung (Calophyllum inophyllum)*.
- Estrada, F. (2007). 1) Mahasiswa di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya. Universitas Widya Mandala-Teknik.
- Hougen, Olaf A. 1960. *Chemical Process Principles*. New York : John Wiley & Sons, 1960.
- Kern, D.Q, 1950, “*Process Heat Transfer*”, 5th edition, McGraw Hill Book Company, New York, Toront , London.
- Kusnarjo, 2010, *Ekonomi Teknik*,
- Ludwig, Ernest E, 1999, “*Applied Process Design For Chemical And Petrochemical Plants*”, 3rd edition, volume 1, Gulf Professional Publishing, United State of America.

- Mc. Cabe, *Unit Operation for Chemical Engineering*, 3rd ed, Mc. Graw Hill Book Company, New York, 1976.
- M. Syakir, E. K. (2015). Nyamplung (*Calophyllum inophyllum* Linn.) - Tanaman Perkebunan Penghasil BNN. 39-46.
- Monzanera. (2008). Biodiesel: An Alternatife fuel. *Biotechnology*, 25-32.
- Muhammad, F. R. (2014). Pembuatan Biodiesel dari Minyak Nyamplung Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro. *Jurnal Teknik Pomits*, 154-159.
- Perry, Robert H. dan Don Green. *Perry's Chemical Engineering Handbook*, 6th editon. Mc. Graw Hill International Edition. 1984.
- Perry, Green, 2008, *Perry's Chemical Engineers' handbook*, 7th edition, McGraw-Hill Companies, Inc., United State.
- Peter, M.S. and Timmerhous, K.D., 1991, "*Plant Design and Economic for Chemical Engineers*", 4th edition, McGraw-Hill Inc. New York.
- Rasyid, A. (2003). Asam Lemak Omega-3 dari Minyak Ikan. *Oseana*, 11-16.
- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. s.l. : John Wiley and Sons, Inc, 2010
- Ulrich Gael D, 1984, *A Guide to Chemical Engineering Process Design ang Economics*, Canada, John Willey & Sons, Inc.
- Walas, Couper, dkk, 2010, "Chemical Process Equipment Selection And Design", 2nd edition, Elsevier, United State of America.

Sumber Lainnya:

www.gapki.id/

www.lipico.com

PT. Wilmar Nabati Indonesia

www.cytoculture.com (diakses pada tanggal 7 April 2016 pukul 16.00)
www.biodiesel.com (diakses pada tanggal 8 April 2016 pukul 10.00)
www.biodiesel-intl.com (diakses pada tanggal 8 April 2016 pukul 10.00)
www.biodiesel.com (diakses pada tanggal 8 April 2016 pukul 11.00)
www.chemical-engineer.digitalzanes.com (diakses pada tanggal 11 April 2016 pukul 13.00)
www.academia.edu (diakses pada tanggal 10 Juli 2016 pukul 01.00)
www.matche.com (diakses pada tanggal 12 Juli 2016 pukul 22.00)
www.alibaba.com (diakses pada tanggal 13 Juli 2016 pukul 10.00)
www.fishersche.com (diakses pada tanggal 13 Juli 2016 pukul 10.00)

RIWAYAT HIDUP PENULIS 1



Danissa Hanum Ardhyni, merupakan putri pertama dari empat bersaudara lahir di kota Surabaya pada 22 Februari 1995. Penulis mulai mengenyam pendidikan di SDN Krembangan Selatan XI/21 Surabaya (2001-2007), SMP Negeri 1 Surabaya (2007-2009), SMAN 5 Surabaya (2010-2013), D3 Teknik Kimia ITS Surabaya (2013-2016). Setelah lulus dari D3, Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Strata 1 (S1) Teknik Kimia ITS (2017-2019)

yang kemudian pada tahun 2018 mulai melakukan Tugas Pra Desain Pabrik Biodiesel Dari Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Dengan Proses Pemurian Batchwise Solvent Extraction. Penulis memiliki, pengalaman kerja sebagai *student internship* pada tahun 2017 di PT.Petro Jordan Abadi Gresik, Jawa Timur.

E-mail penulis	: nissahanum@gmail.com
No. HP	: +62822 3459 4434
Motto	: Berbuat baiklah sebanyak-banyaknya

Pesan : Ihrish 'ala maa yanfa'uka wasta'in billah walaa ta'jiz

RIWAYAT HIDUP PENULIS 2



Putri Sheryl Sholehah, putri dari pasangan Bapak Sujinta dan Ibu Purwanti. Lahir di Klaten. 29 Januari 1996. Penulis mulai mengenyam pendidikan di SDII Nurul Mustofa (2001-2007), SMP Al-Islam 1 Surakarta (2007-2009), SMAN 1 Karangdowo (2010-2013), D3 Teknik Kimia UNS (2013-2016). Setelah lulus dari D3, Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Strata 1 (S1) Teknik Kimia ITS (2016-2019) yang kemudian pada tahun 2018 mulai

melakukan Tugas Pra Desain Pabrik Biodiesel Dari Biji Nyamplung (*Calophyllum inophyllum*) Dengan Proses Pemurian Batchwise Solvent Extraction. Penulis memiliki pengalaman kerja sebagai *student internship* di PT.Semen Indonesia(Persero) Tbk. Gresik, Jawa Timur.

E-mail penulis	: putrisheryl24@gmail.com
No. HP	: +6285 728 309 799
Motto	: Your effort won't betray you.

Pesan : Do good. It will come back to you in unexpected ways.